www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

JAARGANG 24, 1962, no. 3 blz. 73-100 Verschenen 31 augustus 1962

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELEND TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUKTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

# „DUVADILAN", EEN NIEUW VAATVERWIJDEND MIDDEL

door H. D. MOED *).

615.717

*Bij sommige vaatziekten, zoals aderverkalking, worden levensfuncties van de mens bedreigd doordat de bloedcirculatie in bepaalde delen van het lichaam belemmerd wordt. De medicus wenst dan ook te kunnen beschikken over een middel dat in staat is een belemmerde circulatie van bloed weer beter te doen functioneren. Dit heeft de stoot gegeven tot een hele reeks van onderzoekingen in diverse landen, hetgeen in Nederland heeft geleid tot de ontwikkeling van „Duvadilan"**), dat al spoedig als vaatverwijdend en krampopheffend middel in de medische praktijk in ruime mate toepassing heeft gevonden. In onderstaand artikel wordt getracht een beeld te geven van de bedoelde onderzoekingen, die niet alleen uit therapeutisch, maar ook uit farmacologisch en chemisch oogpunt interessant genoemd mogen worden.*

## Inleiding

In het lichaam komen allerlei stoffen voor die invloed hebben op de werking van organen en andere functionele systemen. Het behoort tot het terrein van de farmacologie na te gaan welke effecten door dergelijke stoffen worden veroorzaakt en welk werkingsmechanisme daaraan ten grondslag ligt. Een veel gebruikte methode van onderzoek hierbij is allerlei variaties te realiseren in het molecuul van een aldus werkzame stof, en de hiermee gepaard gaande veranderingen in farmacologische eigenschappen te bestuderen. De op deze wijze verkregen kennis kan van belang zijn bij het zoeken naar geschikte geneesmiddelen. Een onderzoek als hier bedoeld, verricht aan adrenaline, heeft tot belangwekkende resultaten geleid voor de therapie van bepaalde vaatziekten, zoals aderverkalking in ledematen of hersenen, de ziekte van Raynaud en de ziekte van Bürger.

Adrenaline is een door de bijnier afgescheiden hormoon, dat een bijzonder complexe werking heeft, waarop we eerst de aandacht vestigen.

1) Adrenaline speelt een rol bij de suikerstofwisseling, waarbij het de suikerconcentratie in het bloed verhoogt.
2) Daarnaast werkt het op de bloedvaten, en wel in bepaalde weefsels verwijdend (b.v. in de skeletspieren) en tegelijkertijd in andere vernauwend (huid, rond het darmkanaal).
3) Adrenaline oefent invloed uit op de hartactiviteit. Hieruit resulteert een vergroting van de hartfrequentie (tachycardie), en een versterking van de hartcontractie.
4) Het werkt verslappend op het gladde spierweefsel rond de luchtwegen (bronchiën) en rond het darmkanaal.

Deze veelheid van effecten krijgt een zekere samenhang indien men adrenaline beschouwt als het hormoon dat het aan het lichaam mogelijk moet maken een plotselinge activiteit te ontwikkelen. Men duidt adrenaline wel aan als het „vluchthormoon". Bij vlucht is een grote toevoer van bloed nodig naar de te gebruiken skeletspieren. Vandaar: vaatverwijding in die spieren en versterking van de hartwerking. Andere, op dat ogenblik niet belangrijke, lichaamsgebieden zullen tijdelijk met minder genoegen moeten nemen. Vandaar: vaatvernauwing in de huid en in het gebied rond het darmkanaal, en verslapping van de darmwandspieren. Verbetering van de zuurstofopneming door verwijding van de luchtwegen behoort eveneens tot het gewenste patroon.

*) N.V. Philips-Duphar, Weesp.
**) Geregistreerd handelsmerk van de N.V. Philips-Duphar.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Deze voor het levensbehoud van dier en mens zo belangrijke complexe werking is er tevens de oorzaak van, te zamen met het feit dat men deze werking onvoldoende in de hand kan houden, dat adrenaline als therapeuticum niet zo geschikt is. Voor de behandeling van de reeds vermelde ziekten, waarbij de doorstroming van het bloed belemmerd is, b.v. door verdikking van de vaatwand of door vaatkramp, zou het vaatverwijdende effect van adrenaline van groot nut kunnen zijn. Echter, vooral de begeleidende effecten op het hart zouden daarbij hinderlijk (hartkloppingen) en soms zelfs schadelijk zijn. Een nadeel is ook dat adrenaline bij toediening door de mond niet werkzaam is.

Als resultaat van een uitgebreid onderzoek is op het Centrale Laboratorium van de N.V. Philips-Duphar te Weesp een derivaat van adrenaline gesynthetiseerd, isoxsuprine *), dat in zijn farmaceutische vorm als hydrochloride onder de naam „Duvadilan" in de handel wordt gebracht. „Duvadilan" is gebleken een bijzonder geschikt middel te zijn dat ook bij toediening door de mond een geprononceerde vaatverwijding geeft en dat een geringe hartwerking heeft. Het is daarom van groot belang voor de medische praktijk.

In het volgende hoofdstuk worden de werking en de structuur van adrenaline en isoxsuprine vergeleken met die van enige andere adrenalinederivaten, waardoor een beter licht geworpen wordt op de vermelde specifieke werking van isoxsuprine. Vervolgens wordt aandacht besteed aan de synthese van isoxsuprine en aan het reactiemechanisme bij die synthese. Ten slotte zal de farmacologische werking van isoxsuprine worden toegelicht aan de hand van resultaten van dierexperimenten en van klinische gegevens.

## Adrenalinederivaten

### *Verband tussen adrenaline, noradrenaline en het sympathische zenuwstelsel*

In het bovenstaande hebben we doen uitkomen dat we van een stof een bepaald effect willen handhaven en een ander elimineren. Dat we ons voorstellen dat dit mogelijk is, houdt de veronderstelling in dat elk van deze effecten ontstaat door inwerking op een bijbehorende „receptor", en dat de structuurbestanddelen van de stof die essentieel zijn voor de inwerking op de ene receptor, verschillen van die welke essentieel zijn voor inwerking op de andere. De receptoren kan men zich denken als speciaal gestructureerde gebiedjes in de weefsels waarop de stoffen aangrijpen. Dit idee van verschillende, onafhankelijk van elkaar werkende receptoren wordt gesteund door de volgende waarnemingen. Ten eerste: een variatie in de chemische structuur kan de diverse effecten van een stof op *verschillende* wijze veranderen. Ten tweede: van de diverse effecten van een stof kunnen door een geschikt gekozen andere stof *sommige* tot verdwijnen worden gebracht terwijl de andere blijven bestaan.

Een overtuigend voorbeeld van het eerste vindt men door de effecten van adrenaline te vergelijken met die van de chemisch hiermee verwante stoffen noradrenaline en isopropylnoradrenaline. Noradrenaline is een eveneens door de bijnier afgescheiden hormoon; isopropylnoradrenaline is een hiervan afgeleide verbinding. Alvorens de bedoelde vergelijking te maken, willen we even ingaan op het verband tussen adrenaline en noradrenaline, en de werking van het zenuwstelsel.

Een aantal levensfuncties, waaronder stofwisseling en bloedvoorziening, staan onder invloed van het autonome zenuwstelsel. Deze invloed bestaat uit een „tweezijdige besturing", waarbij men het sympathische en het parasympathische systeem onderscheidt. Prikkeling van het eerste geeft in het algemeen aanleiding tot activiteit, prikkeling van het tweede tot ontspanning en herstel.

De prikkeloverdracht in beide systemen, eerst van zenuwcel op zenuwcel en uiteindelijk van zenuwcel op een bepaald weefsel, geschiedt door middel van chemische stoffen. In beide systemen is het de stof acetylcholine die zorgt voor het doorgeven van de prikkel van zenuwcel op zenuwcel, maar wat betreft de prikkeloverdracht op de weefsels is er verschil. In het parasympathische zenuwstelsel is het ook weer acetylcholine, maar in het sympathische stelsel zijn het noradrenaline en in mindere mate adrenaline die deze prikkeloverdracht tot stand brengen.

Behalve langs deze weg kunnen adrenaline en noradrenaline ook, na uitgescheiden te zijn door de bijnier, via het bloed de weefsels bereiken. Zo wordt door een samenspel van het sympathische zenuwstelsel en het hormonale stelsel op doeltreffende wijze een vluchtreactie mogelijk gemaakt.

Stoffen die op weefsels inwerken en daarbij dezelfde effecten geven als bij prikkeling van de weefsels via het autonome zenuwstelsel, en die dus analoog zijn aan adrenaline en noradrenaline of analoog zijn aan acetylcholine, noemt men resp. sympathico-mimetische en parasympathico-mimetische stoffen (mimetisch = nabootsend). Stoffen die, omgekeerd, dergelijke effecten kunnen doen wegblijven, noemt men resp. sympathico-

*) Bij de World Health Organization aangemelde soortnaam.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



**Tabel I.** Enige effecten van noradrenaline, adrenaline en isopropylnoradrenaline.

| | noradrenaline | adrenaline | isopropylnoradrenaline |
|---|---|---|---|
| Vaatverwijding (skeletspieren) | 0 | + | + |
| Vaatvernauwing (huid, rondom darmkanaal) | + | + | 0 |
| Verwijding bronchiën | 0 | + | + |
| Tachycardie | 0 | + | + |

lytische en parasympathico-lytische stoffen (lytisch = losmakend).

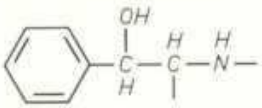
De parasympathico-mimetische en -lytische stoffen laten we verder buiten beschouwing, en we komen nu terug op het drietal stoffen adrenaline, noradrenaline en isopropylnoradrenaline. Vergelijking van hun effecten (*tabel I*) laat duidelijk zien dat noradrenaline slechts een deel van de effecten van adrenaline teweegbrengt, en isopropylnoradrenaline juist het andere deel van deze effecten. Op grond van dergelijke waarnemingen heeft Ahlquist[1]) twee typen van sympathico-mimetische receptoren gepostuleerd en aangeduid als $\alpha$- en $\beta$-receptoren. Tot de $\alpha$-sympathico-mimetische werkingen, d.w.z. werkingen die men zich ontstaan denkt door aangrijpen van sympathico-mimetische stoffen op $\alpha$-receptoren, rekent men b.v. de vaatvernauwing in de huid, en tot de $\beta$-sympathico-mimetische werkingen de vaatverwijding in de skeletspieren en de verwijding van de bronchiën. Adrenaline zou op beide receptoren aangrijpen, noradrenaline slechts op de $\alpha$-receptoren, en isopropylnoradrenaline slechts op de $\beta$-receptoren.

Kortheidshalve spreken we in het vervolg van $\alpha$- en $\beta$-mimetische stoffen. Op analoge wijze als boven vermeld, zal er dan sprake zijn van $\alpha$- en $\beta$-lytische stoffen. Wat de werking van deze laatste betreft, veronderstelt men dat ze zich resp. aan de $\alpha$- en $\beta$-receptoren hechten zonder hierdoor de corresponderende werking te veroorzaken, en dat door deze „bezetting" van de receptoren belet wordt dat adrenaline en noradrenaline hun verschillende sympathico-mimetische werkingen uitoefenen.

Tegen deze achtergrond wordt het plausibel dat wij een heel eind in de richting van het gewenste specifieke vaatverwijdende middel zouden komen, indien we in staat waren een stof te maken die een $\beta$-mimetische werking combineert met een $\alpha$-lytische. Deze gedachte kan helpen het verloop van ons onderzoek te doen begrijpen. Andere factoren die bij deze onderzoekingen van belang zijn geweest, zullen bij de nu volgende beschrijving van de structuur van isoxsuprine nog ter sprake komen.

*Vergelijking van de chemische structuur van isoxsuprine met die van adrenaline, noradrenaline en andere stoffen*

In *fig. 1a, b, c* zijn de chemische structuren van adrenaline, noradrenaline en isoxsuprine weergegeven. Zoals men ziet, hebben ze de groep



met elkaar gemeen. Deze groep blijkt essentieel te zijn voor het opwekken van een sympathico-mimetische werking. Interessant is in dit verband ook het in de natuur voorkomende alkaloïd efedrine (fig. 1*d*), dat men bereidt uit het Chinese kruid Ma Huang. In 1923 hebben Chen en Schmidt[2]) aangetoond dat efedrine eigenschappen heeft die min of meer overeenkomen met die van adrenaline. Maar er is een belangrijk verschil terwijl adrenaline snel afgebroken wordt, waar:

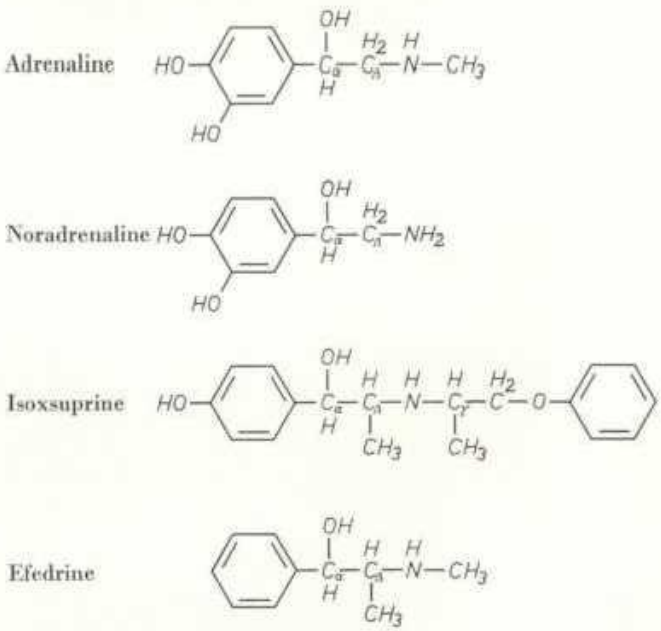



Fig. 1. De chemische structuren van adrenaline, noradrenaline, isoxsuprine en efedrine.

[1]) R. P. Ahlquist, Amer. J. Physiol. **153**, 586, 1948; zie ook b.v. E. J. Ariëns, Modern concepts in relationships between structure and biological activity, Symposium VII, 1st International Pharmacological Meeting, Stockholm 1961.

[2]) K. K. Chen en C. F. Schmidt, J. pharmacol. exper. Ther. **24**, 339, 1924.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



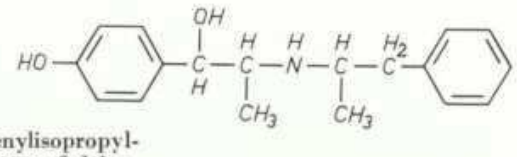
door het bij toediening door de mond niet werkzaam is, is dit bij efedrine niet het geval. Deze gunstige eigenschap van efedrine kan vermoedelijk aan twee oorzaken worden toegeschreven. Ten eerste aan de methylgroep die gesubstitueerd is aan het koolstofatoom $\beta$ in fig. 1. Deze groep schermt de naburig gelegen stikstof als het ware af en vermindert zo de kans op enzymatische inwerking, die een van de wegen tot afbraak voorstelt. Ten tweede: de eliminatie van een of van beide hydroxylgroepen aan de benzeenkern doet, op andere wijze, de kans op afbraak afnemen. Weliswaar wordt door dit laatste de sympathico-mimetische werking veel minder intensief.

We vermeldden reeds het frappante verschil in werking tussen adrenaline, noradrenaline en isopropylnoradrenaline. Dit wijst er al op dat de aan de stikstof te substitueren groepen van speciale invloed zijn op de sympathico-mimetische werking. Dit is diepgaand onderzocht door de methylgroep van adrenaline te vervangen door diverse andere alkylgroepen. Hierbij blijkt dat de $\alpha$-mimetische werking in het algemeen afneemt, en zelfs kan overgaan in een $\alpha$-lytische, *zonder dat dit een vermindering van de $\beta$-mimetische werking meebrengt*. Uit dit onderzoek is vooral het genoemde isopropylnoradrenaline bekend geworden [3]). Deze stof heeft een bronchiënverwijdend effect dat wel drie maal zo sterk is als dat van adrenaline. Het heeft ook een sterk vaatverwijdend effect. Deze stof mist de $\alpha$-mimetische neveneffecten van adrenaline geheel. Maar de invloed op het hart is nog groot, vooral bij toediening door de mond. Bij inhalatie is de hartwerking zoveel minder dat de stof op deze wijze heel goed gebruikt kan worden ter verlichting van astma.

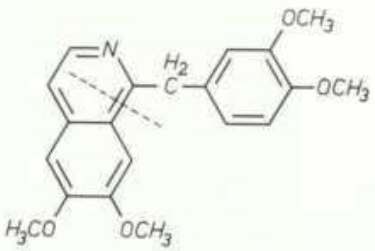
Bij het zoeken naar andere substituenten aan de stikstof heeft ook de overweging een rol gespeeld, of het niet mogelijk was een stof te maken die mede uit andere oorzaken dan een $\beta$-mimetische werking in staat is een vaatkramp op te heffen. Külz [4]) was de eerste die fenylalkylgroepen aan de stikstof substitueerde. Door deze substitutie wordt alvast een sterk $\alpha$-lytische werking verkregen. In *fig. 2a, b* is de structuur van een door hem gesynthetiseerde stof weergegeven, alsmede die van papaverine. Papaverine is een krampbestrijdende (spasmolytische) stof die direct op de spier inwerkt. Hoewel Külz vermeldt dat hij op een spasmolytische werking uit is geweest, is het niet zeker dat een analogie met papaverine daarbij in het geding was. Niettemin is het door hem verkregen molecuul op te vatten als een „opengeknipt" papaverinemolecuul.

Bij de bereiding van isoxsuprine is niet een fenylalkylgroep gesubstitueerd, zoals boven, maar een fenoxyalkylgroep. Dit is gedaan naar analogie van een dergelijke verandering bij verwante stoffen, waarvan een toeneming van $\alpha$-lytische werking het gevolg was.

De isopropylgroep is gekozen om het stikstofatoom met nog een methylgroep af te schermen.




Fenylisopropylnoroxyefedrine




Papaverine

Fig. 2. De chemische structuren van fenylisopropylnoroxyefedrine en papaverine. Denkt men zich het papaverinemolecuul bij de streeplijn doorgeknipt en opengevouwen, dan laat zich een vrij grote overeenkomst tussen beide structuren vaststellen.

Tot dusver hebben we niet vermeld dat het isoxsuprine een zg. racemisch mengsel is, d.w.z. dat het is opgebouwd uit twee molecuulsoorten die eenzelfde structuur hebben, maar die elkaars spiegelbeeld vormen (zie hieronder). Bovendien hebben we niet naar voren doen komen dat de boven gegeven structuur ook te vinden is bij nog drie andere racemische mengsels. Deze racemische mengsels zijn alle vier bereid, en er is vastgesteld dat hun farmacologische werking verschillend is. Het is zelfs zo dat hun verschil voor de therapie van doorslaggevende betekenis is! Het blijkt dat met het isoxsuprine de sterkste vaatverwijding en de geringste hartwerking verkregen worden. De moeilijkheid die zich in dit stadium voordeed om het isoxsuprine gescheiden van de andere racemische mengsels in handen te krijgen, waardoor de gewenste therapeutische toepassing pas mogelijk werd, vormt het onderwerp van het volgende hoofdstuk.

Samenvattend kan het volgende over isoxsuprine gezegd worden. Kenmerkend voor de werking van isoxsuprine zijn:

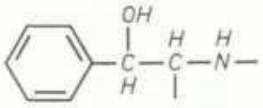
[3]) H. Konzett, Arch. exper. Pathol. **197**, 41, 1940/41.
[4]) Zie b.v. F. Külz en M. Schneider, Klin. Wochenschrift, **28**, 535, 1950.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



a) een $\beta$-sympathico-mimetische component, vanwege de groep



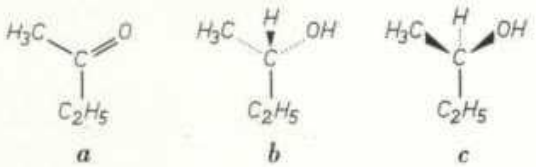
b) een $\alpha$-sympathico-lytische component, verkregen door substitutie met de fenoxyalkylgroep;
c) een spasmolytische component, die begrijpelijk wordt door de gerealiseerde overeenkomst met de papaverinestructuur;
d) goede werkzaamheid bij toediening door de mond, dank zij de eliminatie van een hydroxylgroep en de afscherming van de stikstof door twee methylgroepen;
e) geringe hartwerking.

Na het volgende hoofdstuk, waarin het accent op de chemische aspecten van het onderzoek ligt, zullen in het laatste hoofdstuk de farmacologische aspecten weer aan de orde komen.

**De asymmetrische synthese van isoxsuprine**

Soms doet zich in de chemie het probleem voor hoe een stof te synthetiseren zonder dat tevens andere stoffen met dezelfde chemische samenstelling (isomeren) gevormd worden. Een dergelijk probleem doet zich in alle zwaarte gevoelen in die gevallen waarin de desbetreffende stoffen bovendien overeenkomen in hun chemische structuur, en zij slechts verschillen in de ruimtelijke rangschikking ofwel in de configuratie van het molecuul (stereo-isomeren).

Een eenvoudig voorbeeld moge dit illustreren. Wij reduceren butanon-2 tot butanol-2, waarvan de moleculen in *fig. 3a, b* en *c* zijn weergegeven. Het centraal getekende koolstofatoom van butanol-2 is een zg. asymmetrisch koolstofatoom, waarbij twee ruimtelijke rangschikkingen mogelijk zijn, die elkaars spiegelbeeld vormen (en die optische antipoden zijn, d.w.z. dat ze het polarisatievlak van doorgaand licht over dezelfde hoek in tegengestelde richtingen draaien). Bij butanon-2 doet

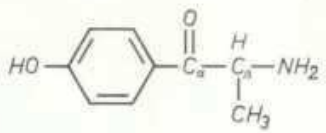


*a* *b* *c*

Fig. 3. De chemische structuur van butanon-2 (*a*), en de twee mogelijke driedimensionele configuraties van butanol-2 (*b* en *c*). De atomen die met het centraal getekende atoom door een stippellijn verbonden zijn, moet men zich beneden het vlak van tekening denken. Een zich verbredende verbindingslijn duidt aan dat het desbetreffende atoom zich erboven bevindt.

zich deze mogelijkheid van verschillende rangschikkingen niet voor. Deze is ontstaan bij de reductie: bij de aanhechting van het waterstofatoom aan het centraal getekende koolstofatoom. Naar gelang het waterstofatoom met de ene dan wel met de andere zijde van het butanonmolecuul in aanraking komt, wordt de ene dan wel de andere configuratie van het butanol-2 gevormd. Het zal duidelijk zijn dat wij niet de minste invloed kunnen uitoefenen op de „aanvoerrichting" van het waterstofatoom, deze wordt geheel door het toeval bepaald. Dit betekent dat bij de beschreven reductie de beide optische antipoden in gelijke hoeveelheden ontstaan — als racemisch mengsel dus. Om nu een zg. asymmetrische synthese — die telkens slechts één van de mogelijke isomeren als resultaat heeft — tot stand te brengen, moet men omstandigheden scheppen die maken dat de aanhechting van het waterstofatoom bij nadering uit de ene richting sterker bemoeilijkt wordt dan bij nadering uit de andere richting. Dit is alleen dan mogelijk indien zich *in de nabijheid een tweede asymmetrisch atoom bevindt*. Dit principe der asymmetrische synthese zullen we aan de hand van isoxsuprine toelichten [5]).

Bij de bereiding van isoxsuprine kan worden uitgegaan van de stof met de volgende structuur:



De eerste stap van de synthese wordt b.v. het reduceren van de carbonylgroep. Evenals in het bovenstaande voorbeeld wordt het koolstofatoom $\alpha$ van deze groep door de reductie asymmetrisch. Het koolstofatoom $\beta$ is al asymmetrisch. Dit atoom blijkt nu de reductie zodanig te kunnen beïnvloeden dat aan het nieuw gevormde asymmetrische atoom slechts één van de twee mogelijke configuraties ontstaat.

Wat de situatie iets ingewikkelder maakt, is dat het genoemde uitgangsprodukt geen enkelvoudige stof is, maar een racemisch mengsel, waarvan de optische antipoden verschillen in hun configuratie aan het koolstofatoom $\beta$. Doordat de beide configuraties analoge invloeden zullen uitoefenen, die als het ware gespiegeld zijn ten opzichte van elkaar, zal de reductie in dit geval twee produkten doen ontstaan die elkaars optische antipode zijn en die dus weer een racemisch mengsel vormen.

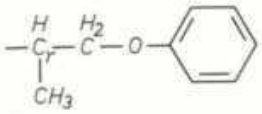
[5]) Voor een uitvoeriger behandeling van dit principe, zie b.v. V. Prelog c.s., Helv. chim. Acta **36**, 308, 320, 325, 1953, en D. J. Cram en T. A. Abd Elhafez, J. Amer. Chem. Soc. **74**, 5828, 1952.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Bij de verdere synthese van isoxsuprine — i.c. de aanhechting van de groep



aan de stikstof —, wordt nog een derde asymmetrische atoom bij de reeds aanwezige gevoegd. De afstand van dit atoom tot de andere twee is ditmaal te groot voor het toepassen van het principe van de asymmetrische synthese. Dit deel van de synthese wordt volgens gewone methodes uitgevoerd. Hierbij ontstaat een mengsel van twee verschillende racemische mengsels. Ze worden van elkaar gescheiden door gefractionneerde kristallisatie. Deze mogelijkheid van scheiding berust erop dat er verschillen in oplosbaarheid bestaan tussen deze racemische mengsels onderling, welke niet bestaan tussen de optische antipoden waaruit elk van de racemische mengsels is samengesteld. Dit hangt weer samen met het feit dat de te scheiden moleculen in het eerste geval *niet* en in het laatste geval *wel* elkaars spiegelbeeld vormen. (Op grond van dit verschil onderscheidt men stereo-isomeren in resp. diastereo-isomeren en enantiomeren.)

Samenvattend kan men het volgende zeggen. Aangezien het te synthetiseren molecuul *drie* asymmetrische atomen bevat ($\alpha$, $\beta$ en $\gamma$), zijn er acht mogelijke stereo-isomeren. Bedenkt men dat de acht mogelijke configuraties paarsgewijs elkaars spiegelbeeld vormen, dan kan men het bestaan van vier verschillende racemische mengsels aannemen. De bereiding van één ervan, het isoxsuprine, is gerealiseerd eensdeels met behulp van een asymmetrische reductie, waarbij twee racemische mengsels als mogelijkheid vervielen, anderdeels met behulp van gefractionneerde kristallisatie, waarbij de overige twee racemische mengsels van elkaar werden gescheiden.

Men kan uit het voorafgaande concluderen dat het in principe ook mogelijk is de synthese van isoxsuprine uit te voeren zonder asymmetrische reacties toe te passen. Men krijgt dan een mengsel van alle vier racemische mengsels, en men kan deze door gefractionneerde kristallisatie van elkaar scheiden. Maar de opbrengst zou dan aanzienlijk minder zijn.

*Het reactiemechanisme van de toegepaste stereospecifieke reductie*

Om wat dieper te kunnen ingaan op de toegepaste asymmetrische (of stereo-specifieke) reductie, die niet alleen uit een praktisch, maar ook uit een theoretisch oogpunt interessant is, geven we eerst namen aan de vier mogelijke racemische mengsels. Ze hebben alle dezelfde chemische structuur, die we met de I van isoxsuprine symboliseren. Aan deze letter moeten we dan nog een aanduiding verbinden die betrekking heeft op de verschillende configuraties aan de koolstofatomen $\alpha$, $\beta$ en $\gamma$. Wat de naburige atomen $\alpha$ en $\beta$ betreft, komen de gebruikelijke aanduidingen erytro- en treo- in aanmerking, waarmee wordt uitgedrukt dat de desbetreffende configuratie overeenkomt met die van resp. erytrose en treose, twee bekende suikers. Men heeft voor isoxsuprine kunnen vaststellen dat de configuratie aan de koolstofatomen $\alpha$ en $\beta$ hierbij overeenkomt met die van erytrose, zodat dit de benaming erytro-I krijgt. Er is behalve dit dusgenaamde erytro-I nog een tweede racemisch mengsel met deze zelfde configuratie aan de koolstofatomen $\alpha$ en $\beta$. Het verschilt van erytro-I alleen in de (gespiegelde) configuratie aan het koolstofatoom $\gamma$. Dit racemische mengsel noemen we alloerytro-I. De twee overige racemische mengsels, die treo-configuraties aan de koolstofatomen $\alpha$ en $\beta$ hebben, worden dan treo-I en allotreo-I. Een en ander wordt nog nader toegelicht in *fig. 4*.

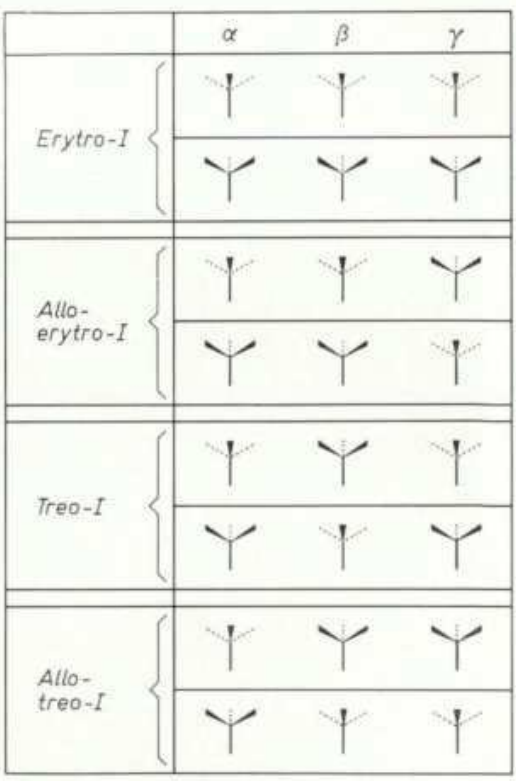



Fig. 4. De isomerie-situatie die van belang is bij de synthese van isoxsuprine (hier erytro-I genoemd). Met de in de figuur gebruikte symbolen zijn ten opzichte van elkaar gespiegelde configuraties aangeduid. Zij hebben betrekking op de drie asymmetrische koolstofatomen $\alpha$, $\beta$ en $\gamma$. Er zijn $2^3 = 8$ combinaties mogelijk, die twee aan twee elkaars spiegelbeeld vormen. Van deze paren, die racemische mengsels voorstellen, geven de namen erytro-I en treo-I het tweetal combinaties aan tussen $\alpha$ en $\beta$, die analoog zijn aan die in de suikers erytrose en treose. De toevoeging allo- dient om de verdere twee combinaties met $\gamma$ van elkaar te onderscheiden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info



We geven nu in nevenstaand schema, *fig. 5*, een aantal syntheses die tot deze verschillende configuraties leiden. Men ziet hieruit dat, met uitzondering van synthese *IV*, steeds òf de erytro- òf de treo-configuraties ontstaan. Dit is wat men zou verwachten indien het koolstofatoom $\beta$ op de reeds geschetste wijze een richtende invloed uitoefent op het ruimtelijke verloop van de reductie. Aangezien, zoals we eveneens reeds aanstipten, een dergelijke invloed zich niet kan uitstrekken tot de configuratie aan het koolstofatoom $\gamma$, treden de allovormen altijd als „bijmengsel" op.

Het schema laat duidelijk zien dat het verloop van de synthese afhangt van 1) het aantal groepen aan het stikstofatoom van het te reduceren molecuul, en 2) van de wijze van reductie, nl. òf met $LiAlH_4$ òf met $H_2$ en palladium en koofstof. In de gekozen volgorde van de reacties *I* t/m *VI* voltrekt zich een ommekeer: van de vorming van erytro- tot die van treo-configuraties. Voor dit laatste is blijkbaar nodig dat aan het stikstofatoom *twee omvangrijke groepen* gebonden zijn, en bovendien dat de reductie uitgevoerd wordt met $LiAlH_4$. Ten einde deze ommekeer te verklaren, zullen we eerst nagaan hoe wij ons de genoemde invloed van het koolstofatoom $\beta$ kunnen denken bij een reductie met $LiAlH_4$.

Het verloop van een reductie van een carbonylgroep (CO) met $LiAlH_4$ is vrij goed bekend. Hierbij spelen een rol, enerzijds een hydride-ion ($H^-$), dat zich met het koolstofatoom verbindt, en anderzijds een aluminiumcomplex, dat zich aan het zuurstofatoom bindt. Een mogelijke gang van zaken geven wij hieronder weer.

$$LiAlH_4 \rightleftharpoons Li^+ + AlH_4^- \rightleftharpoons Li^+ + AlH_3 + H^-$$

$$>C{=}O + AlH_3 \longrightarrow >C{=}O{\cdots}AlH_3$$

$$>C{=}O{\cdots}AlH_3 + H^- \longrightarrow HC(-O-AlH_3^-) \longrightarrow HC(-O-AlH_2) + H^-$$

$$HC(-O-AlH_2) + H_2O \longrightarrow HC(-OH) + AlH_2OH$$

Over de aard van het aluminiumcomplex aan de zuurstof lopen de meningen nog uiteen, maar zeker is dat het een omvangrijke groep betreft. Door een model te maken van het te reduceren molecuul uit de reactie *VI*, ziet men wat het effect zal zijn van de aanleg van een dergelijk complex. Dit complex en de groepen aan het stikstofatoom zullen elkaar, afhankelijk van hun onderlinge afstand, in meer of mindere mate „hinderen" (zg. sterische hindering). De gunstigste stand zal die zijn waarbij het aluminiumcomplex komt te liggen tussen de twee minst omvangrijke groepen van het naburige asymmetrische atoom ($CH_3$ en H) en dus met het stikstofatoom zo ver mogelijk ervandaan, zie *fig. 6a*. Bij dit aldus in een bepaalde stand gefixeerde molecuul wordt het voorspelbaar hoe de reductie zal verlopen.

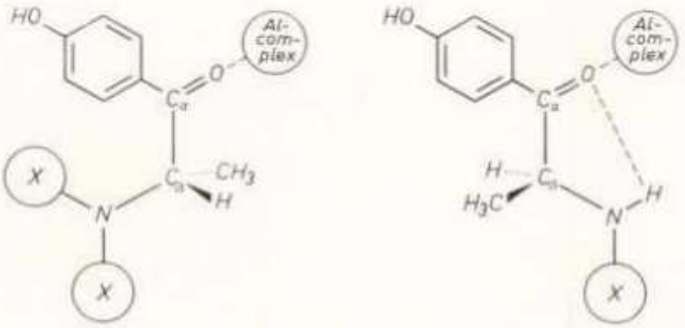



Fig. 6. Molecuulmodellen ter verklaring van het verloop van de reductie met $LiAlH_4$. De derde dimensie is op dezelfde wijze aangegeven als in fig. 3. In *a*) is een molecuul getekend waarbij twee omvangrijke groepen X aan het stikstofatoom gesubstitueerd zijn. Ten gevolge van „sterische hindering" plaatst dit atoom zich tijdens de reductie zo ver mogelijk van het aan de carbonylgroep aangelegde Al-complex. In *b*) is slechts één groep X aan de stikstof gesubstitueerd, waardoor de sterische hindering geringer is. Bovendien kan er zich een waterstofbrug vormen (streepjeslijn). De verschillende molecuulstanden in *a* en *b* hebben voor de reductie verschillende gevolgen. De reductie verloopt door aanhechting van een hydride-ion aan het koolstofatoom $\alpha$. Hierbij vormen de substituenten aan het naburige atoom $\beta$ een zekere belemmering, en wel de *methylgroep méér dan het waterstofatoom*. Vandaar dat de aanhechting van het hydride-ion in *a* vooral aan de naar de lezer gerichte zijde van het molecuul geschiedt, met als resultaat het ontstaan van de treo-configuratie, en in *b* aan de van de lezer afgekeerde zijde, met als resultaat de erytro-configuratie.

Bij nadering van onder het vlak van tekening vindt het aan te leggen hydride-ion een methylgroep van het naburige atoom op zijn weg, bij nadering van boven het vlak van tekening is het enige obstakel een waterstofatoom. In het laatste geval zal de te overwinnen „energieberg" veel kleiner zijn dan in het eerste. De configuratie die langs deze laatste weg ontstaat, is de in de praktijk ook werkelijk gevormde treo-configuratie.

Wij zetten vervolgens deze beschouwing voort voor het geval dat aan het stikstofatoom één groep minder gebonden is. Wederom is de gunstigste positie voor het aluminiumcomplex die tussen de twee minst omvangrijke groepen van het naburige asymmetrische atoom. Het molecuulmodel leert nu echter dat de „effectieve omvang" van het stikstofatoom met de ene hieraan gebonden groep ongeveer even groot is als die van de methylgroep.

[6]) Zie ook J. van Dijk en H. D. Moed, Rec. Trav. chim. Pays Bas **78**, 21, 1959.

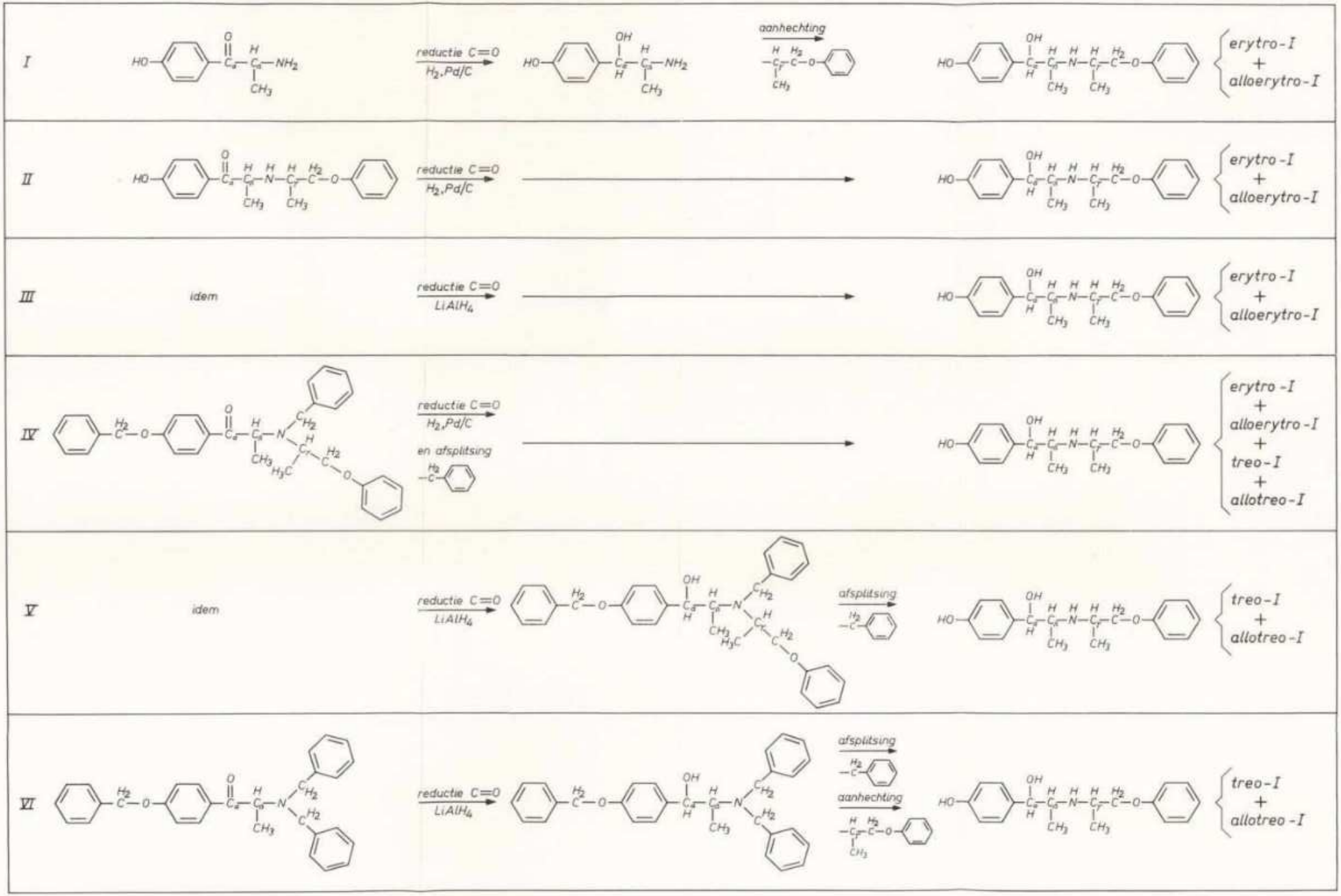



Fig. 5. Reacties leidend tot isoxsuprine (erytro-I) en isomere racemische mengsels (alloerytro-I, treo-I en allotreo-I). Er wordt uitgegaan van stoffen die volgens gangbare methodes gemaakt worden.

11/14/2023



Op grond van de ruimtelijke omvang der groepen alléén is dus nu niet meer vast te stellen welke moleculaire stand de voorkeur zal hebben. Maar er is nog een tweede factor in het spel die mogelijk de beslissende is. In plaats van de „afgevallen" groep bevindt zich een waterstofatoom aan het stikstofatoom. Een dergelijk waterstofatoom zal bij voorkeur een zg. waterstofbrug vormen, met een elektronendonor, zoals de zuurstof van de carbonylgroep er een is. Mocht dit het geval zijn, dan heeft het molecuul de stand die in fig. 6*b* is afgebeeld. We zien dat de situatie zich nu wat betreft de aanleg van het hydride-ion juist heeft omgekeerd. Bij nadering van beneden tot het koolstofatoom ontmoet het hydride-ion op zijn weg een waterstofatoom, en bij nadering van boven een methylgroep. Ditmaal zal het volgen van de eerste weg het minste bezwaar opleveren en mogen we verwachten dat de andere, de erytro-configuratie wordt gevormd.

Hieraan kunnen we nog toevoegen dat de reductie met palladium en koolstof in plaats van $LiAlH_4$ als gunstig voor de vorming van de erytro-configuratie moet worden beschouwd. Deze reductie speelt zich nl. af in een zuur milieu, waarbij aan het stikstofatoom een proton kan worden opgenomen. Het hierdoor positief geladen stikstofatoom zal zich dan zeker richten op het (negatief gepolariseerde) zuurstofatoom van de carbonylgroep.

Deze hypothese geeft een goede verklaring voor de stereo-specifiteit van de reductie en van de hierbij beschreven ommekeer. Er moet nog slechts een verklaring worden gegeven voor het afwijken ervan bij reactie *IV*, waarbij beide configuraties ontstaan. Deze verklaring is heel eenvoudig. De palladium-koolstof katalyseert, behalve de reductie van de carbonylgroep, ook afsplitsing van de benzylgroep. Voor zover dit laatste eerder gebeurt dan het eerste, loopt de verdere reactie zoals bij reactie *II*, dus leidend tot de erytro-configuratie. Voor zover dat niet zo is, is de mogelijkheid aanwezig voor de vorming van treo-configuraties.

Na deze beschrijving van de synthese van isoxsuprine en de mogelijke verklaring van het stereospecifiek verloop van de reductie hierbij, volgt nu een greep uit de experimentele resultaten die de farmacologische werking van isoxsuprine demonstreren. We gebruiken hierbij steeds de handelsnaam „Duvadilan". De resultaten zijn verkregen zowel door toepassing op proefdieren als in de klinische praktijk.

## De farmacologische werking van „Duvadilan"

*Dierproeven*

De werking van „Duvadilan" op bloedvaten is op vele manieren onderzocht. Ten eerste door het meten van de doorstroming in een konijneoor. Dient men adrenaline toe, waardoor de vaten vernauwd worden, en vervolgens „Duvadilan", dan blijkt de vernauwing (verminderde stroom) te worden opgeheven [7]). Ten tweede door metingen van de bloedstroom in de achterpootslagader van een hond. *Fig. 7* toont de toeneming van de stroom in procenten als functie van de dosis [8]). Ten derde is in

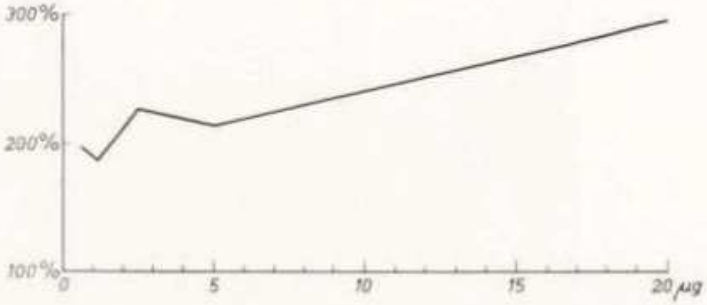



Fig. 7. De bloedstroom in de achterpootslagader van een hond als functie van de in de slagader toegediende dosis „Duvadilan". De bloedstroom is opgegeven in % van de normale waarde. (Ontleend aan Clark [8]).)

*fig. 8* weergegeven hoe de bloedstroom in de slagader van een konijnepoot verandert, waarbij het effect van de toediening van „Duvadilan" wordt vergeleken met dat van een fysiologische zoutoplossing [9]).

Voorts zijn proefnemingen met „Duvadilan" verricht in speciale, minder toegankelijke vaatgebieden, zoals de hartspier en de hersenen. Dit is voor de eerste als volgt gedaan. Behandelt men hon-

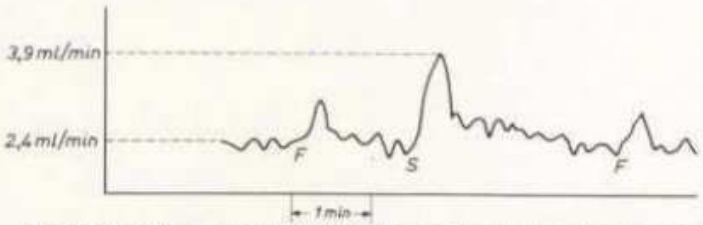



Fig. 8. Registrogram van de bloedstroom in de slagader van een konijnepoot. Het effect van „Duvadilan" toegediend in de slagader op het moment S, is vergeleken met dat van een fysiologische zoutoplossing toegediend op de momenten *F*. (Ontleend aan Hyman en Winsor [9]).)

[7]) F. Brücke, Wiener Klin. Wochenschrift **68**, 183, 1956.
[8]) Op grond van gegevens van B. B. Clark, gepubliceerd in F. Kaindl, S. S. Samuels, D. Selman en H. Shaftel, Angiology **10**, 185, 1959.
[9]) C. Hyman en T. Winsor, Acta pharmacol. et toxicol. **17**, 59, 1960.

Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



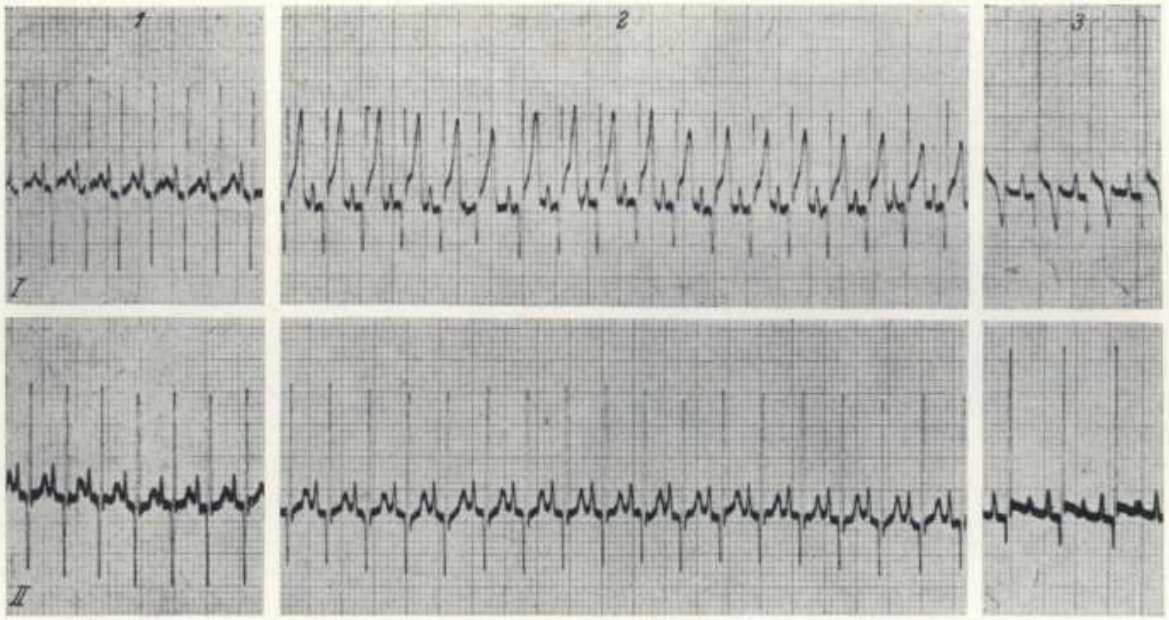



Fig. 9. Elektrocardiogrammen van een hond, behandeld met pitressine, dat krampen in de coronairvaten teweeg brengt (*a*), en behandeld met pitressine en „Duvadilan" (*b*), met een tussenpoos van acht dagen. De door de verticale witte strepen gescheiden stukken, in de volgorde van links naar rechts, zijn opgenomen resp. vóór toediening van pitressine, direct na toediening van pitressine en vijf minuten na toediening van pitressine. In *b* is 15 minuten voorafgaand aan de toediening van pitressine 0,25 mg „Duvadilan" per kg lichaamsgewicht onderhuids ingespoten. Duidelijk is te zien, dat „Duvadilan" de werking van pitressine opheft. (Ontleend aan Brücke [7].)

den met het hormoon pitressine, dan treden in het elektrocardiogram karakteristieke veranderingen op. De oorzaak hiervan is zuurstofgebrek: de zg. coronaire vaten die de voeding van het hart verzorgen, verkeren ten gevolge van het pitressine in een kramp. *Fig. 9a* geeft een dergelijk elektrocardiogram. Fig. 9*b* werd enige dagen later opgenomen, waarbij de pitressinebehandeling aan dezelfde hond was herhaald, maar ditmaal na voorafgaande onderhuidse toediening van „Duvadilan". Het pitressine blijkt nu geen effect gehad te hebben [7]).

Betreffende de bloedvoorziening van de hersenen zijn experimenten uitgevoerd waarbij hersenvaten van honden of katten via een venster in het schedeldak werden gefotografeerd [10]) [11]). In de foto's (*fig. 10*) zijn daarna de diameters van de vaten gemeten. In nevenstaande *tabel II* is het resultaat aangegeven van een dergelijk experiment, waarbij 0,1 mg „Duvadilan" per kg lichaamsgewicht werd ingespoten. Het resultaat toont dat „Duvadilan" de hersenvaten verwijdt.

Als maat voor de werking van „Duvadilan" op het hart is in hoofdzaak gebruikt de frequentie van de hartslag, bepaald uit het elektrocardiogram. Bij (niet-genarcotiseerde) honden bleek deze frequentie na intraveneuze toediening van 0,2 mg „Duvadilan" per kg lichaamsgewicht aanvankelijk snel toe te nemen tot een tweemaal zo grote waarde, om dan weer af te nemen; 70 minuten na de toediening was de verhoging van de frequentie tot 24% gedaald [7]).

Wat het beschouwen van de hartfrequentie als maat voor de hartwerking betreft, moeten we nog in het oog houden dat de frequentie op twee manieren beïnvloed kan worden, enerzijds direct en anderzijds indirect (reflexmatig) door verandering van de bloeddruk. Om speciaal de directe hart-

**Tabell II.** De diameter van gefotografeerde hersenslagaders bij een hond vóór en na toediening van „Duvadilan" in een ader van een achterpoot. De diameter is opgegeven in µm. (Ontleend aan Jourdan en Faucon [11]).)

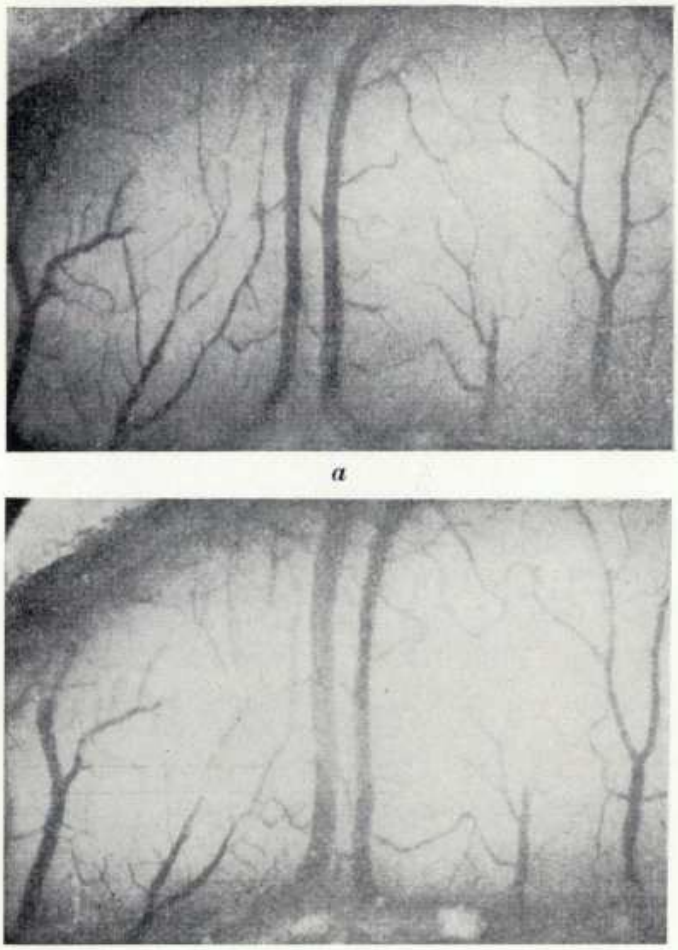
| Tijd | slagader A | slagader B | slagader C | slagader D | slagader E |
|---|---|---|---|---|---|
| 16.46 h | 429 | 143 | 71 | 209 | 126 |
| 16.49 h | 429 | 143 | 77 | 209 | 110 |
| 16.50 h | inspuiting van 0,1 mg „Duvadilan"/kg lichaamsgew. | | | | |
| 16.51 h | 434 | 159 | 82 | 236 | 132 |
| 16.53 h | 440 | 165 | 93 | 236 | 121 |
| 16.56 h | 445 | 159 | 93 | 242 | 110 |
| 17.00 h | 445 | 165 | 88 | 253 | 121 |
| 17.02 h | 429 | 165 | 99 | 247 | 121 |
| 17.18 h | 434 | 176 | 99 | 335 | 159 |
| 17.19 h | 434 | 165 | 88 | 330 | 165 |

[10]) H. Wahrenbourg, P. Pruvot, A. Sueur en J. Lekieffre, Thérapie **16**, 314, 1961.,
[11]) F. Jourdan en G. Faucon, Thérapie **14**, 1075, 1959.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023





*a*

*b*

Fig. 10. Door een venster in het schedeldak van een kat gemaakte foto's van hersenvaten. *a*) is opgenomen op het moment dat 0,1 mg per kg lichaamsgewicht is ingespoten in een ader van een achterpoot; *b*) is anderhalve minuut hierna opgenomen. We zien dat de hersenslagader in het midden links, sterk is verwijd; de ader rechts ervan heeft geen verandering ondergaan. (Ontleend aan Wahrenbourg, Pruvot, Sueur en Lekieffre [10]).)

werking na te gaan, moet de mogelijkheid van reflexmatige verhoging van de hartfrequentie worden uitgesloten. Dat kan men doen door te meten aan een hart-longpreparaat, waarbij de zenuwverbindingen die de reflexmatige hartversnelling mogelijk maken, verbroken zijn. Aan een dergelijk preparaat zijn na toediening van 5 mg „Duvadilan" verhogingen van de frequentie tussen 20 en 50% geconstateerd. Hierbij nam de hoeveelheid bloed die per minuut door het hart wordt rondgepompt (het zg. minutenvolume), met ca. 20% toe [7]). Op grond van deze gegevens mag men stellen dat „Duvadilan" een relatief geringe directe hartwerking bezit.

*Gegevens uit de klinische praktijk*

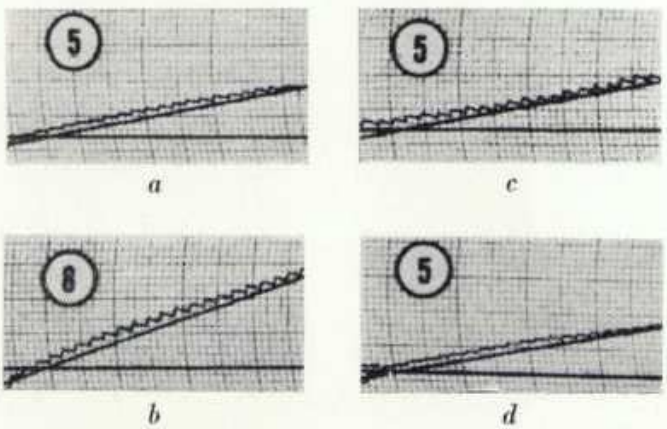
Resultaten van toediening van „Duvadilan" aan patiënten zijn door vele medici gerapporteerd.

Wat betreft de vraag naar verbetering van de bloedstroom, is controle mogelijk door middel van een meettechniek die als plethysmografie bekend staat. Hierbij wordt een kunstgreep toegepast die de bloedstroom in het lichaamsdeel uitwendig meetbaar maakt.

In een lichaamsdeel, b.v. vinger, voet, arm of been, heerst in de bloedcirculatie tussen instroom- en uitstroomzijde een drukverschil van ca. 100 mm kwikdruk. Dit is het verschil tussen de slagader- en de aderdruk. Door applicatie van een drukmanchet aan de hartzijde kan de aderstroom worden geblokkeerd, terwijl de slagaderstroom niet of nauwelijks wordt belemmerd. In de drukmanchet wordt daartoe een druk toegepast, hoger dan de aderdruk, doch lager dan de slagaderdruk. Het gevolg is dat het volume van het lichaamsdeel toeneemt. De volumeverandering per tijdseenheid *direct na de blokkering* is daarbij gelijk aan de slagaderstroom.

Het meten van de volumeverandering van het lichaamsdeel doet men b.v. door het te omgeven met een star omhulsel. Daarmee wordt een bepaalde ruimte om het lichaamsdeel van de buitenwereld afgesloten. Deze ruimte verbindt men met een volumemeter. Bij een dergelijke opstelling is de bloedstroom in het ingesloten lichaamsdeel meetbaar als de helling van het registrogram van de volumemeter.

Met een dergelijke techniek is het registrogram verkregen dat in *fig. 11* is afgebeeld. Het betreft hier een stroommeting aan de kuit van een patiënt




*a* *c*

*b* *d*

Fig. 11. De plethysmogrammen *a* en *b* zijn opgenomen aan de rechterkuit van een patiënt resp. vóór en na inspuiting van 10 mg „Duvadilan" in een beenslagader. Ter vergelijking is steeds gelijktijdig een plethysmogram opgenomen aan de linkerkuit (*c* en *d*). De helling van de geregistreerde lijn is een maat voor de bloedstroom. Deze is in de rechterkuit onder invloed van het toegediende „Duvadilan" met 80% toegenomen. De werking sterkt zich bij deze wijze van toediening niet uit tot de andere kuit.

Het zigzaggen van de opgenomen curve is het gevolg van de hartslag: men kan deze plethysmogrammen dus ook gebruiken voor het meten van de hartfrequentie. (Ontleend aan Hyman en Winsor [9]).)

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



voor en na een injectie van „Duvadilan" in de slagader in die kuit. Het registrogram laat zien hoe na de injectie de helling met 80% is toegenomen. Volledigheidshalve is een zelfde meting gelijktijdig uitgevoerd aan de andere kuit, waar niet werd ingespoten. Te zien is dat daar geen stijging van de stroom optreedt, hetgeen wijst op een lokale werking van het geneesmiddel bij deze wijze van toediening [9]).

Met bovengenoemde methode bepaalt men hoe de totale bloedstroom in een lichaamsdeel verandert. Men zou behalve dit ook nog willen weten in hoeverre deze verandering ten goede komt aan de diverse weefsels waar het bloed doorstroomt (spier, huid), en aan de diverse functies die het bloed daarin vervult (warmteregulatie, stofwisseling). Een methode om speciaal de invloed op de stofwisseling van een bepaald weefsel na te gaan, berust op de meting hoe snel een hoeveelheid in het weefsel ingespoten radioactief natrium ($^{24}Na$) door het bloed wordt afgevoerd. Zo heeft men gevonden dat na toediening van 10 mg „Duvadilan" in een spier de afvoer van $^{24}Na$ met ongeveer 50 % toeneemt [9]).

Andere kwantitatieve gegevens over de werking van „Duvadilan" heeft men verkregen door dit middel toe te passen bij vaatziekten die „intermitterend hinken" (claudicatio intermittens) veroorzaken. Een aan een dergelijke ziekte lijdende patiënt is door het optreden van kramptoestand in de bloedvaten niet in staat grote afstanden te lopen. Een maat voor de ernst van de ziekte is de afstand die de patiënt gemiddeld kan afleggen, vóórdat pijn optreedt. Na toediening van „Duvadilan" blijkt deze gemiddelde loopafstand vergroot te zijn.

Men heeft „Duvadilan" ook toegepast bij necrotische huidaandoeningen, waarbij een huidgebied door een tekort aan bloed afsterft. Toediening van „Duvadilan" blijkt de heling van dergelijke necrotische huidgebieden te bevorderen.

Een idee over de hartwerking van een geneesmiddel is niet alleen te verkrijgen door het tellen van de polsslag en uit het elektrocardiogram, maar ook uit metingen van bloeddrukvariaties. Ter verklaring hiervan zij vermeld dat in de bloedcirculatie de druk in het ritme van de hartslag wisselt tussen twee waarden, de zg. systolische en diastolische druk. De amplitude van de drukwisseling (systolische min diastolische druk; ook wel polsdruk genoemd) hangt samen met de per hartcontractie in de bloedcirculatie uitgestoten hoeveelheid bloed. Deze laatste hoeveelheid wordt als het slagvolume aangeduid. In *fig. 12* is het verloop weergegeven van de bloeddruk vóór en na injectie van „Duvadilan". Uit deze figuur zien we dat door de injectie van het „Duvadilan" de drukamplitude een geringe vergroting vertoont. Men kan dit als een aanwijzing opvatten dat het slagvolume enigszins verhoogd is [9]). Een andere aanwijzing voor een geringe stijging van het slagvolume is ontleend aan röntgenopnamen waarbij van de hartwand een schaduwbeeld wordt geregistreerd. Met deze zg. röntgenkymografie kan uit de

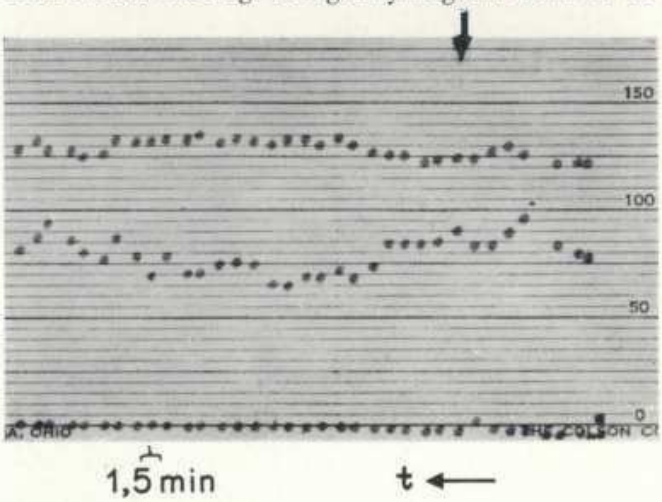



Fig. 12. Registrogram van de bloeddruk van een patiënt. De bovenste meetpunten geven de systolische druk, de onderste de diastolische druk. Op het door een pijl aangeduide moment werd 10 mg „Duvadilan" toegediend door middel van een injectie in een spier. (Ontleend aan Hyman en Winsor [9]).)

geregistreerde verplaatsing van de hartwandschaduw het slagvolume berekend worden. Hieruit blijkt dat het slagvolume met ca. 7% stijgt na langzame intraveneuze injectie van 10 mg van het vaatverwijdende middel [9]).

Ook het minutenvolume is gemeten na toediening van „Duvadilan". Onder minutenvolume verstaat men, zoals eerder is vermeld, de hoeveelheid bloed die door het hart per minuut wordt uitgedreven. Het minutenvolume is dus het produkt van slagvolume en hartfrequentie. Metingen van het minutenvolume zijn mogelijk door ergens in de bloedbaan een geringe hoeveelheid radioactief bloedserum te spuiten en dan b.v. boven het hart de hoeveelheid passerend radioactief materiaal te meten. Uit het resultaat van dergelijke metingen is berekend dat het minutenvolume met ca. 30% stijgt na langzame intraveneuze injectie van 10 mg „Duvadilan". Directe meting van de hartfrequentie (b.v. uit een elektrocardiogram) na injectie van 10 mg „Duvadilan" in een spier gaf als uitkomst een stijging van ca. 20% in het aantal slagen per minuut. Deze stijging sluit goed aan bij de getallen over het slag- en het minutenvolume [9]). Een en ander laat zien dat „Duvadilan", ook bij de mens, een relatief geringe hartwerking bezit.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Ten slotte merken we op dat meer en meer een toepassingsgebied van dit geneesmiddel wordt gevonden in de verloskunde. Het blijkt dat kramptoestanden van de baarmoeder zeer effectief met „Duvadilan" kunnen worden bestreden. Hierbij spelen de $\beta$-mimetische werking en waarschijnlijk ook de spasmolytische werking analoog aan die van papaverine een rol. In het bijzonder de laatste jaren komt dan ook een groot deel van de rapporten over de werking van „Duvadilan" uit verloskundige klinieken. „Duvadilan", dat als vaatverwijdend middel al erkenning heeft gevonden, biedt dus ook nog interessante mogelijkheden als krampverdrijvend geneesmiddel.

Voor wat de verdere ontwikkeling op dit gebied aangaat, roepen we in herinnering dat „Duvadilan" uit twee optische antipoden is samengesteld. Momenteel wordt nagegaan wat de bijdrage van ieder van deze stoffen is aan de werking van „Duvadilan". Uit dit onderzoek mogen we, zeker voor de wetenschap maar mogelijk ook voor de medische praktijk, interessante nieuwe gegevens verwachten.

**Samenvatting.** „Duvadilan" (isoxsuprine) is een enige jaren geleden geïntroduceerd middel met een specifiek vaatverwijdende werking, dat b.v. met succes kan worden toegepast bij bepaalde vaatziekten. Het middel is o.m. geschikt voor toediening door de mond. Bij de werking kan onderscheid worden gemaakt tussen een zg. $\beta$-sympathico-mimetisch, een $\alpha$-sympathico-lytisch en een spasmolytisch effect. Deze drie effecten worden plausibel gemaakt door vergelijking met enigszins analoge stoffen als adrenaline, noradrenaline, efedrine, papaverine enz. Isoxsuprine is een racemisch mengsel, dat bij de synthese gescheiden moet worden van drie andere racemische mengsels die hiermee isomeer zijn. Dit is ten dele gerealiseerd door een bepaalde stereospecifieke reductie toe te passen (met $LiAlH_4$, en ook met $H_2$ en Pd/C). Er wordt een verklaring gegeven van het reactiemechanisme bij deze reductie. Ten slotte volgen enige gegevens over de farmacologische werking van „Duvadilan", ontleend aan dierproeven en aan de behandeling van patiënten.

# EEN EXPERIMENTELE APPARATUUR VOOR TELEVISIEREGISTRATIE OP MAGNEETBAND

621.397.3:621.395.625.3

De normale registratie op magneetband, zoals voor geluid wordt toegepast, is voor videosignalen (frequenties tot 5 MHz) niet geschikt, daar de band dan met enorme snelheid (meer dan 15 m/s) zou moeten lopen. Men heeft daarom voor televisieregistratie systemen ontwikkeld met bewegende schrijfkoppen, die smalle sporen min of meer schuin over de magneetband schrijven. Men kan hierbij met een aantal elkaar aflossende schrijfkoppen werken (dit gebeurt b.v. in het bekende systeem van Ampex) of met één enkele schrijfkop. In het Philipslaboratorium te Eindhoven is sinds een aantal jaren aan een systeem van de laatste soort gewerkt. Met een hierop gebaseerde apparatuur is thans een beeldkwaliteit verkregen die voldoet aan de hoge eisen die men in de studio stelt. Voor het gebruik in de televisie-zendpraktijk zullen nog allerlei voorzieningen moeten worden ontwikkeld en in de apparatuur aangebracht.

Het principe is in *fig. 1* weergegeven. Een 2,5 cm brede magneetband wordt in een schroeflijn om bijna de gehele omtrek (ca. 353°) van een stilstaande trommel heen getrokken, met een snelheid van 38 cm/s. De schroeflijn heeft een spoed gelijk aan bijna de bandbreedte. De trommel, met diameter 305 mm, heeft over zijn gehele omtrek een spleet, waarin een schrijfkop (videokop, $E$) omloopt die gedragen wordt door een met hoog toerental

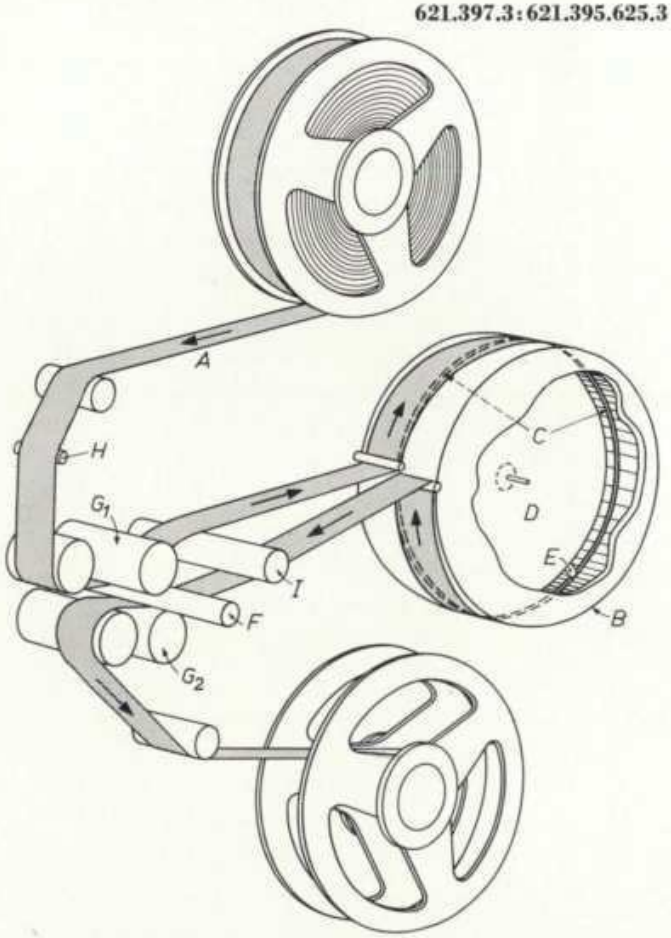



Fig. 1. Principeschets van de opstelling. $A$ magneetband. $B$ stilstaande trommel met spleet $C$. $D$ roterende schijf met videokop $E$. $F$ constant lopende drijfas met twee aandrukrollen $G_1$ en $G_2$. $H$ wiskop. $I$ leirol.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



(50 omw/s) om de trommelas roterende schijf; zie *fig. 2*. Bij een omloop schrijft dus de snel lopende kop een ca. 1 m lang spoor schuin over de band, en door de geringe verplaatsing van de band

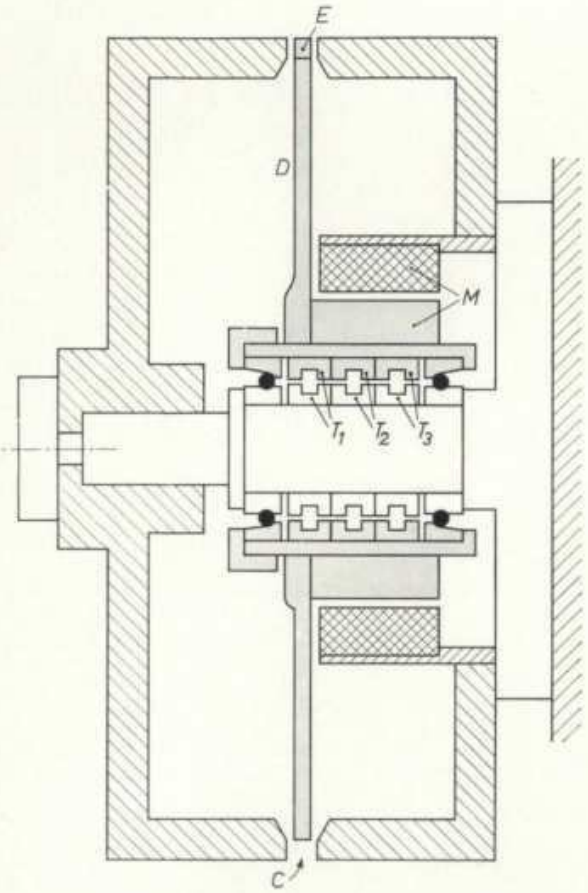



Fig. 2. Doorsnede van de trommel. *C* spleet. *D* schijf met videokop *E*. De schijf wordt gedreven door de motor *M*, die in de holte van de trommel is ondergebracht. $T_1$, $T_2$, $T_3$ transformatoren. Het gehele omlopende gedeelte is in grijze tint weergegeven.

tijdens die omloop komt het volgende spoor naast het eerste te liggen, enz. Zo wordt, op twee smalle randjes na, de gehele band met smalle sporen volgeschreven; zie *fig. 3*. De videokop — een ferroxcubekop met een spleet van 2 µm — is slechts 180 µm breed, dit is dus ook de spoorbreedte.

Uit de genoemde omloopsnelheid van de schijf volgt dat elk spoor precies één volledig televisieraster kan bevatten. Bij het registreren wordt de rotatie van de schijf gesynchroniseerd met de beeldrasters, en de faze ervan wordt zo ingesteld

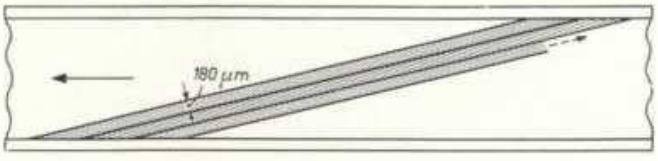



Fig. 3. Schematische voorstelling van de sporen die de roterende kop bij opeenvolgende omwentelingen op de relatief langzaam voortlopende magneetband heeft geschreven. De sporen hebben in werkelijkheid een veel geringere helling ten opzichte van de lengterichting van de band; ze zijn ieder ca. 1 m lang.

dat de beeldterugslag telkens precies valt op het moment waarin de schrijfkop van het aflopende naar het oplopende stuk van de band overstapt.

Dezelfde kop wordt voor de weergave van het beeld gebruikt, waarbij de band en de kop op dezelfde wijze als voorheen bewegen. Om te zorgen dat de kop dan precies op de hartlijn van de geschreven sporen loopt (en niet b.v. juist op de grenslijn tussen twee sporen), moet men de band bij het weergeven in de juiste „faze" ten opzichte van de omlopende videokop laten lopen. Daartoe worden door een stationaire hulpkop tijdens het registreren de normale beeldsynchronisatiesignalen op een der smalle randjes van de band geschreven. Deze besturen bij de weergave het transport van de band; ze werken dus als een soort magnetische filmperforatie. Op het andere smalle randje komt het geluid te staan. De hulpkop en de audiokop zijn in de leirol *I* (zie fig. 1) ondergebracht.

Het videosignaal wordt voor het registreren omgezet in een signaal met frequentiemodulatie, zodanig dat aan het zwartniveau en witniveau resp. de frequenties 5 en 7 MHz beantwoorden. De signalen worden niet via sleepringen aan de roterende videokop toegevoerd, doch op veel betrouwbaarder manier via een transformator (met ferroxcubekernen), waarvan de secundaire wikkeling met de schijf mee roteert. Deze transformator is binnen de stilstaande trommel ondergebracht ($T_1$ in fig. 2).

Tevens zijn in de trommel nog twee dergelijke transformatoren gemonteerd ($T_2$ en $T_3$), waarvan we de ene willen gebruiken voor het voeden van een transistorvoorversterker die met de schijf mee roteert en bij de weergave het signaal van de videokop versterkt. Van de andere transformator willen wij in de toekomst gebruik maken om het signaal van een leeskop (monitorkop) af te nemen, die diametraal tegenover de eigenlijke videokop op de roterende schijf is bevestigd. De bedoeling is dan, met deze kop tijdens het registreren, met een vertraging van een halve omloop van de schijf (1/100 s), het geregistreerde beeld te controleren.

Het feit dat op een spoor een volledig beeld geschreven staat, heeft het mogelijk gemaakt het overspreken tussen naburige geschreven sporen vrijwel onschadelijk te maken. Bij het gekozen modulatiesysteem wordt een signaal weinig gestoord wanneer het door de kop tegelijk opgevangen parasitaire signaal (van een ander spoor) bijna dezelfde frequentie heeft, dus indien het signaal dat de storing veroorzaakt, beantwoordt aan bijna dezelfde helderheid. In de beschreven machine kan dit inderdaad gerealiseerd worden, nl. door ervoor te zorgen dat de ruim 300 lijnsynchronisatie-impulsen, die in elk spoor voorkomen, zich juist naast de impulsen van de naburige sporen bevinden

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



(*fig. 4b*). Het is duidelijk dat dan naast elkaar gelegen punten van naburige sporen ook steeds ongeveer hetzelfde beeldgedeelte en dus dezelfde helderheid representeren. Het weergegeven beeld vertoont dan vrijwel geen storing door overspreken, zoals men in *fig. 5b* ziet. Liggen daarentegen de lijnimpulsen van een spoor min of meer verschoven ten opzichte van die van de naburige sporen (fig. 4*a*), dan ontstaat vooral een storing wanneer tijdens het aftasten van een wit beeldgedeelte een naburige lijnimpuls overspreekt. Dit effect is in fig. 5*a* te zien.

Om de vereiste ligging van de lijnimpulsen (volgens een patroon als fig. 4*b*) te verkrijgen, moet men, bij gegeven bandsnelheid, voor de trommeldiameter één van een klein aantal discrete waarden kiezen. De door ons gekozen waarde van 305 mm is er een uit de reeks die bij een bandsnelheid van 38 cm/s past.

Dank zij het feit dat een spoor (van ca. 1 m lengte) precies één beeld bevat, biedt het beschreven apparaat ook de merkwaardige mogelijkheid, *bij stilstaande band* het momentele beeld weer te geven. Weliswaar liggen dan begin- en eindpunt van een aftastbaan van de kop één spoorbreedte verschoven (nu ontbreekt nl. de bijdrage die de bandbeweging tot de relatieve beweging van band en kop levert), zodat de kop een tijdlang twee sporen tegelijk aftast. Door het reeds vermelde gedrag wat betreft het overspreken merkt men echter verrassenderwijze heel weinig of niets hiervan. Het

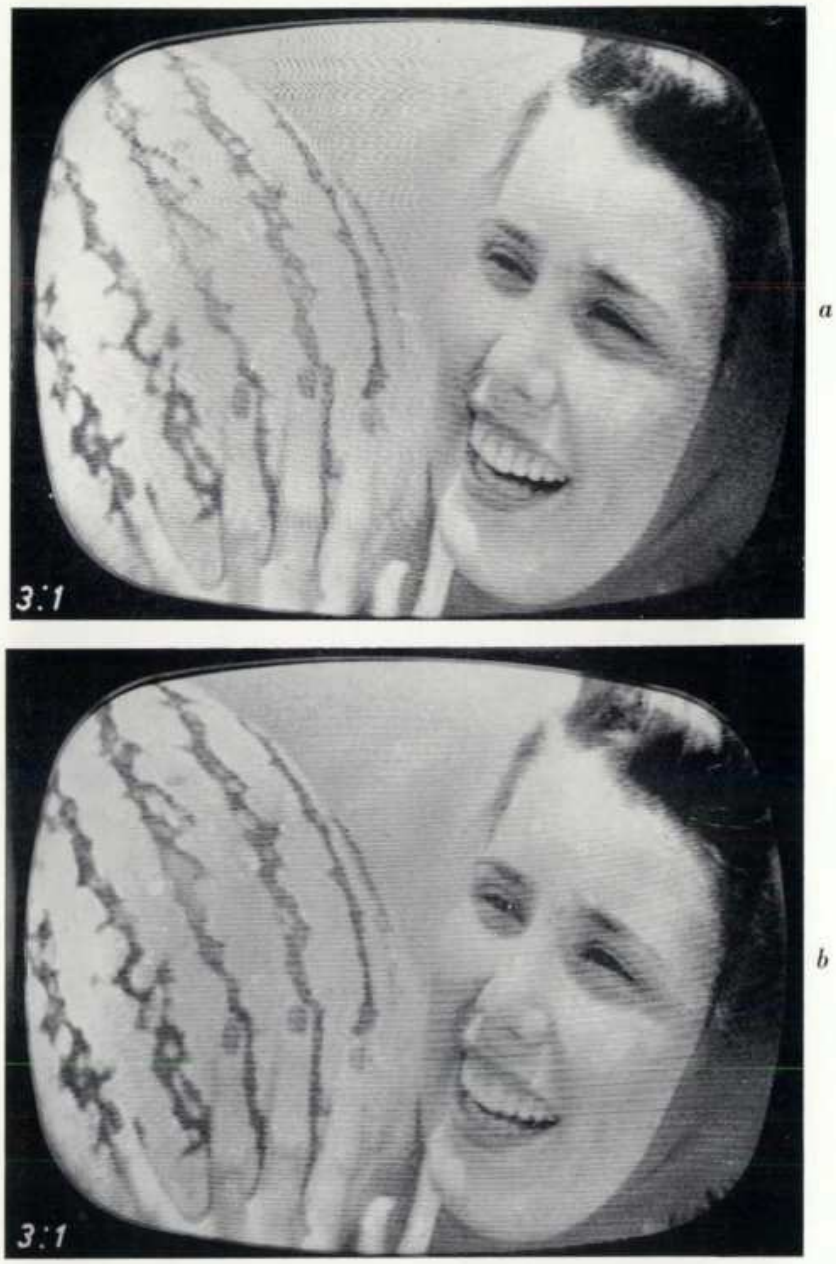



Fig. 5. Televisiebeeld, geregistreerd en weergegeven met de beschreven apparatuur. Bij *a*) lagen de lijnsynchronisatie-impulsen volgens fig. 4*a*, bij *b*) volgens fig. 4*b*. In beide gevallen werd de weergave opzettelijk zodanig uitgevoerd dat een sterk overspreken optrad, nl. met een verhouding 3:1 van gewenst tot storend signaal in de weergeefkop.

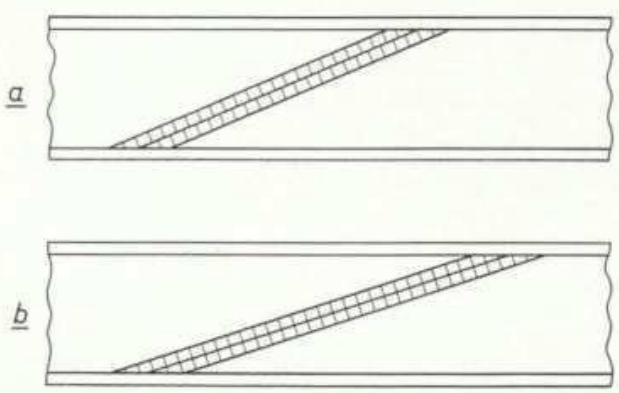



Fig. 4. Schematisch beeld van de ligging van de reeks lijnsynchronisatie-impulsen in twee naburige sporen: *a*) willekeurige onderlinge verschuiving; *b*) met het oog op overspreken goed gekozen onderlinge verschuiving.

blijkt verder mogelijk, het aftasten van zo'n stilstaand beeld geruime tijd, b.v. minutenlang, te doen zonder dat de videokop — die dan 3000 maal per minuut langs hetzelfde bandgedeelte loopt — hierop een merkbaar afslijten van de magnetische laag veroorzaakt.

Wij stellen ons voor, te zijner tijd in dit tijdschrift een uitvoeriger beschrijving van het mechanische en elektronische deel van deze apparatuur te geven [1]). We willen hier echter nog wijzen op een probleem dat moest worden opgelost en dat in

[1]) Een enigszins uitvoerige beschrijving van de tegenwoordige experimentele vorm zal reeds binnenkort verschijnen in de Nachrichtentechnische Zeitschrift.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



feite het hoofdprobleem van alle videoregistratiemethodes is, nl. het nauwkeurig vastleggen in plaats en tijd van de geregistreerde beeldsignalen. Voor zwart-wittelevisie is ten hoogste toelaatbaar een fluctuatie ter grootte van één beeldpunt ($\approx 1/600$ beeldbreedte, d.i. $10^{-7}$ s, d.i. ca. 5 $\mu$m op onze band). Een servosysteem in onze apparatuur zorgt voor onderlinge synchronisatie van de aandrijving van de band en van de schijf binnen zulk een tolerantie. Bovendien worden variaties van de spankracht van de band, die merkbare lengteveranderingen en daardoor plaatsfouten zouden veroorzaken, voorkomen doordat de band zowel op weg naar de trommel als na het verlaten daarvan met aandrukrollen wordt getransporteerd (de rollen $G_1$ en $G_2$ in fig. 1, die de band tegen de constant lopende drijfas $F$ drukken). Thermische uitzetting van de band wordt door vermindering van de spankracht gecompenseerd; voorlopig gebeurt deze regeling nog met de hand.

Voor het registreren van kleurentelevisie zijn de toelaatbare fluctuaties in de plaats der beeldsignalen zeker nog ca. 20 maal zo klein als bij zwart-wittelevisie. Het vermelde synchronisatiesysteem is daarvoor ontoereikend. Om in de toekomst ook proeven over het registreren van kleurentelevisie te kunnen doen, wordt thans een speciaal synchronisatiesysteem uitgewerkt, waarin o.m. van een elektronisch geregeld vertragingscircuit gebruik wordt gemaakt.

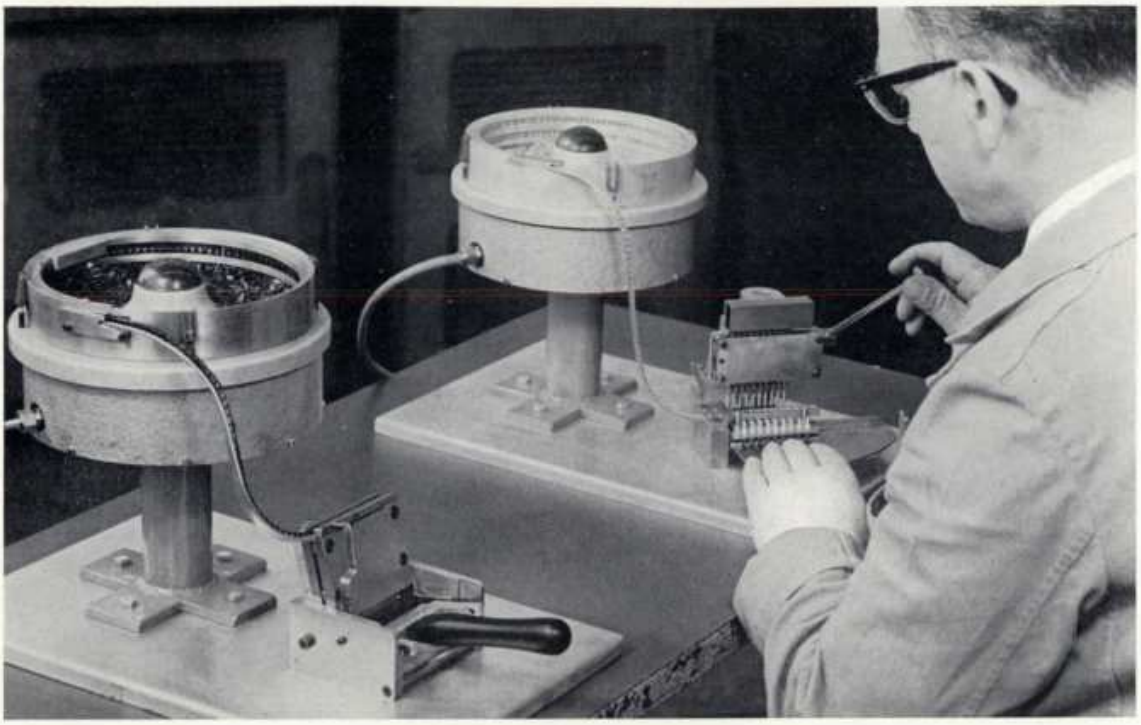
F. Th. BACKERS *) en J. H. WESSELS *).

*) Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023





# TRILVULLERS

door H. G. de COCK*). 621.867.52

*Trilvullers zijn transporteurs die automatisch een regelmatige stroom van kleine onderdelen toevoeren aan een fabricageproces. Literatuur over de werking van trilvullers is zeer schaars. Onderstaand artikel is de samenvatting van een studie over trilvullers die de auteur ten behoeve van de bedrijfsmechanisatie in de Philipsfabrieken heeft gemaakt.*

## Inleiding

Onder de mechanismen die gebruikt worden voor het geordend toevoeren van kleine onderdelen bij fabricageprocessen, neemt de trilvuller een belangrijke plaats in. Dit is vooral te danken aan het feit dat trilvullers elk toe te voeren onderdeel afzonderlijk in beweging brengen, zodat de onderdelen elkaar niet behoeven voort te stuwen. Dit maakt dat bijna alle soorten onderdelen, ongeacht hun vorm en afmetingen, in elke stand door een trilvuller kunnen worden toegevoerd. Als voorbeeld noemen we onderdelen zoals koolweerstanden, kleine condensatoren, keramische buisjes, gloeidraden, felsbussen, schroeven, moeren, sluitringen, enz.

Een trilvuller bestaat uit een ronde trommel *1* (*fig. 1*), waarin de te transporteren onderdelen zich bevinden. De trommel is gemonteerd op bladveren *2*, die in scheve stand zijn bevestigd aan een verend opgesteld tegenwicht *3*. De trommel wordt in trilling gehouden door een elektromagnetisch of pneumatisch aandrijfsysteem *5*. De trilling bestaat uit een in het horizontale vlak roterende component en uit een verticale component. De wand van de trommel is aan de binnenzijde voorzien van een schroeflijnvormige baan *6*. Langs deze baan verheffen de onderdelen *7* zich boven de voorraad uit. Daarbij laten ze zich met eenvoudige middelen sorteren (d.w.z. dat gebroken of toevallig ertussen geraakte andersoortige onderdelen verwijderd worden) en richten (in de juiste stand brengen).

De *titelfoto* toont een opstelling waarin twee moderne, pneumatisch gedreven trilvullers twee verschillende soorten onderdelen van een spoel toevoeren aan één arbeidsplaats, waar deze onderdelen verder worden bewerkt met behulp van negenvoudige handgereedschappen. Behalve dat deze trilvullers de functies van toevoeren, richten en sorteren vervullen, leveren ze hier bovendien een grote besparing aan arbeid, doordat ze een negenvoudige handeling mogelijk maken.

*) Philips' Hoofdindustriegroep Radio-, grammofoon- en televisieapparaten, Voorontwikkeling Bedrijfsmechanisatie, Eindhoven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



De belangrijkste eigenschap van een trilvuller is de maximale snelheid waarmee hij de onderdelen kan transporteren. Hierop zijn verschillende grootheden van invloed. In dit artikel zal worden uiteengezet welke grootheden dit zijn en hoe men ze moet kiezen om het optimale resultaat te krijgen. Tevens zal aandacht worden geschonken aan de maximale spanning in de veren die men bij een werkende trilvuller moet verwachten.

Het artikel bestaat uit een theoretisch gedeelte, dat het gedrag van een deeltje op een trillend hellend vlak behandelt, en uit een gedeelte waarin een aantal hierop aansluitende proeven worden beschreven [1]). Daarna volgt een nomogram voor het berekenen van trilvullers.

Behalve voor trilvullers gelden de resultaten ook voor rechte trilgoten [2]). Trommels hebben ten opzichte van goten de voordelen dat ze een grotere hoeveelheid onderdelen kunnen bevatten en dat de onderdelen die bij het sorteren en richten naar beneden vallen, weer in de trommel terechtkomen.

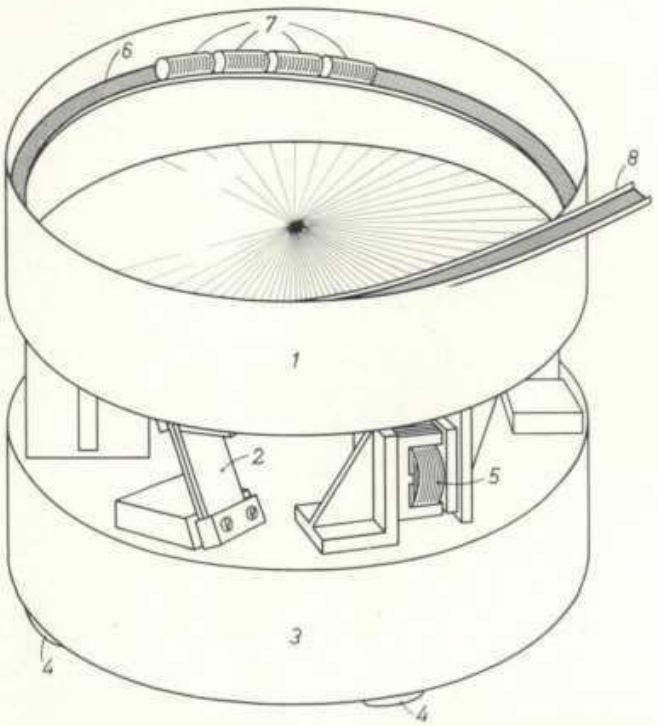



Fig. 1. Schets van een trilvuller. De trommel *1* is door schuin staande bladveren *2* verbonden met een tegenwicht *3*, dat op rubberblokjes *4* rust. Een met wisselstroom gevoede elektromagneet *5* houdt de trommel in trilling ten opzichte van het tegenwicht. De wand van de trommel is aan de binnenkant voorzien van een schroeflijnvormige baan *6*, waarlangs de te transporteren onderdelen *7* omhoog bewegen en via de uitloop *8* hun bestemming bereiken.

## Theorie van de trilvuller

Transport van deeltjes langs een (in het algemeen hellende) baan is mogelijk als de deeltjes hetzij over de baan glijden, hetzij — doordat ze telkens omhoog geworpen worden — zich sprongsgewijs over de baan verplaatsen. In een trilvuller krijgen de deeltjes één van deze bewegingen, of beide, doordat de baan in een harmonische trilling wordt gehouden waarvan de richting een zekere hoek $\beta$ met de baan maakt (*fig. 2*). Daartoe dienen de schuin staande bladveren, waarop de trommel is gemonteerd (fig. 1).

Indien van een trilvuller de trillingamplitude van nul af geleidelijk wordt opgevoerd, zullen de deeltjes achtereenvolgens deze bewegingen uitvoeren:

a) Aanvankelijk volgen de deeltjes de beweging van de trillende baan, d.w.z. ten opzichte van de baan bewegen ze niet. Er is dan geen transport.
b) Vervolgens gaan de deeltjes periodiek langs de baan glijden in opwaartse richting en worden dus getransporteerd.
c) Daarna komt een stadium waarin de deeltjes afwisselend opwaarts en neerwaarts glijden.
d) Ten slotte komen de deeltjes periodiek even van de baan los.

Welk van deze gevallen zich zal voordoen, wordt bepaald door de versnelling van de baan. Belangrijker dan de trillingsamplitude $x_0$ (in de richting van de baan) is dus de versnellingsamplitude $x_0\omega^2$; hierin is $\omega$ de hoekfrequentie van de trilling.

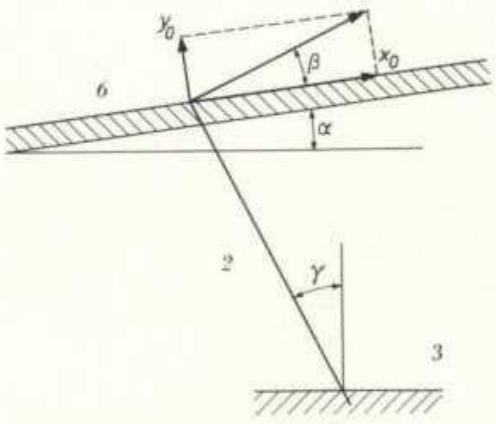



Fig. 2. De trillende baan *6* van een trilvuller, met bladveer *2* en tegenwicht *3* (vgl. fig. 1). De hellingshoek van de baan is $\alpha$. De baan trilt in een richting die loodrecht op het vlak van de bladveer staat en een hoek $\beta$ (de trillingshoek) met de baan maakt. De bladveer maakt in de neutrale stand een hoek $\gamma$ (de veerhoek) met de verticaal; als de bladveer en de baan zich op gelijke afstanden tot de hartlijn van de trommel bevinden, is $\gamma$ gelijk aan $\alpha + \beta$.

[1]) Voor zover ons bekend, bestaat de enige belangrijke literatuur over trilvullers uit twee recente artikelen in het Russische tijdschrift Stanki i instrument. Wij verwijzen hier naar de Engelse uitgave van dit blad:
V. A. Povidaylo, Design calculations and construction of vibrating hoppers, Machines and tooling **30**, no. 2, 5-9, 1959, en V. A. Povidaylo, Optimum vibratory feeder operating conditions, Machines and tooling **31**, no. 5, 2-6, 1960.
Deze artikelen zijn ons pas na het beëindigen van ons onderzoek onder ogen gekomen. De resultaten waartoe de auteur komt, stemmen in hoofdzaak met de onze overeen.

[2]) Zie ook S. Böttcher, Beitrag zur Klärung der Gutbewegung auf Schwingrinnen, Fördern und Heben **8**, 127-136, 235-240 en 307-315, 1958.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



De waarden van $x_0\omega^2$ waarbij respectievelijk de genoemde gevallen (a), (b), (c) en (d) ontstaan, kunnen theoretisch worden afgeleid, zoals gedaan is in *Aanhangsel I*. Ze blijken een functie te zijn van de volgende variabelen (fig. 2):

de hellingshoek $\alpha$ van de baan,

de trillingshoek $\beta$ die de richting van de trilling met de baan maakt, en

de statische wrijvingscoëfficiënt $\mu$ van de deeltjes op de baan.

De berekening leert het volgende:

Indien $$\frac{x_0\omega^2}{g} \geqq \frac{\mu + \alpha}{1 + \mu\ \mathrm{tg}\beta}, \quad \ldots\ (1)$$

waarin $g$ de versnelling van de zwaartekracht is, zullen de deeltjes periodiek in opwaartse richting glijden.

Indien $$\frac{x_0\omega^2}{g} \geqq \frac{\mu - \alpha}{1 - \mu\ \mathrm{tg}\beta}, \quad \ldots\ (2)$$

zullen de deeltjes periodiek in neerwaartse richting glijden.

Indien $$\frac{x_0\omega^2}{g} \geqq \mathrm{cotg}\beta, \quad \ldots\ (3)$$

zullen de deeltjes periodiek de baan loslaten.

In de uitdrukkingen (1), (2) en (3) is $\mathrm{tg}\beta$ van overheersende invloed. In *fig. 3* is het verloop van de verschillende grenswaarden van $x_0\omega^2/g$ voor de diverse bewegingsvormen uitgezet als functie van de trillingshoek $\beta$. Hierbij is aangenomen: $\alpha = 2°$ (= 0,035 rad) en $\mu = 0{,}4$.

Zoals in Aanhangsel I wordt aangetoond, is een voorwaarde voor de goede werking van een trilvuller:

$$\frac{\mu + \alpha}{1 + \mu\ \mathrm{tg}\ \beta} < \frac{\mu - \alpha}{1 - \mu\ \mathrm{tg}\ \beta} < \mathrm{cotg}\ \beta, \quad \ldots\ (4)$$

dus $\beta$ moet groter zijn dan de abscis van het snijpunt $P$ in fig. 3 en kleiner dan de abscis van het snijpunt $Q$.

Bij het vergroten van de trillingsamplitude, dus ook van de versnellingsamplitude, van zulk een trilvuller zullen de deeltjes derhalve

a) de beweging van de baan volgen (dus niet getransporteerd worden) zolang

$$\frac{x_0\omega^2}{g} < \frac{\mu + \alpha}{1 + \mu\ \mathrm{tg}\ \beta},$$

b) periodiek opwaarts glijden indien

$$\frac{\mu + \alpha}{1 + \mu\ \mathrm{tg}\ \beta} \leqq \frac{x_0\omega^2}{g} < \frac{\mu - \alpha}{1 - \mu\ \mathrm{tg}\ \beta},$$

c) afwisselend opwaarts en neerwaarts glijden als

$$\frac{\mu - \alpha}{1 - \mu\ \mathrm{tg}\ \beta} \leqq \frac{x_0\omega^2}{g} < \mathrm{cotg}\ \beta,$$

aangezien zowel aan (1) als aan (2) is voldaan (hierbij overheerst het glijden in opwaartse richting), en

d) de baan periodiek loslaten zodra

$$\frac{x_0\omega^2}{g} \geqq \mathrm{cotg}\ \beta$$

(in dit geval kan zich ook nog glijden in beide richtingen voordoen; immers, ook aan (1) en (2) is nog steeds voldaan).

Indien voor een trilvuller, in afwijking van (4), zou gelden:

$$\frac{\mu + \alpha}{1 + \mu\ \mathrm{tg}\beta} > \frac{\mu - \alpha}{1 - \mu\ \mathrm{tg}\beta},$$

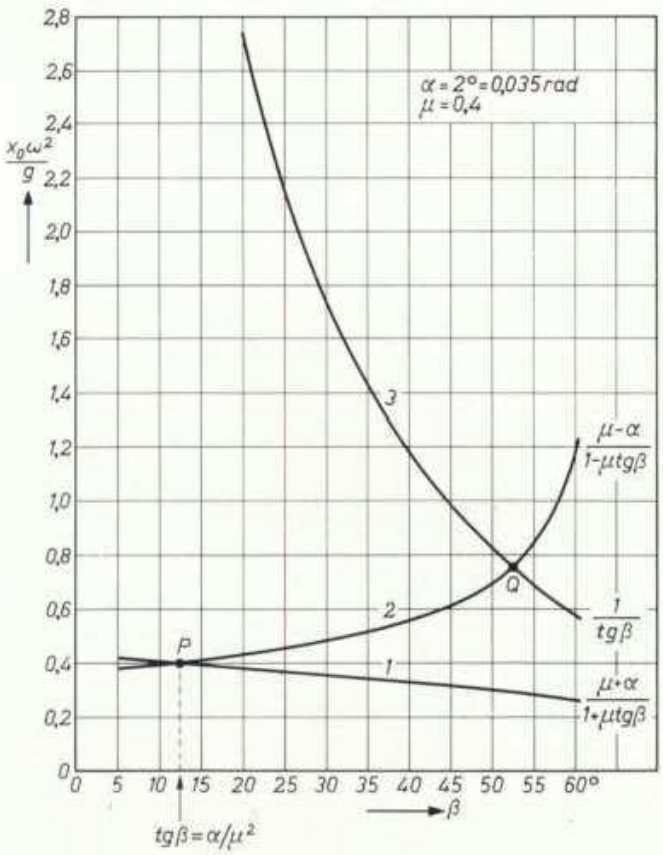



Fig. 3. Als functie van de trillingshoek $\beta$ geeft kromme *1* het verloop van $(\mu + \alpha)/(1 + \mu\mathrm{tg}\beta)$, kromme *2* het verloop van $(\mu - \alpha)/(1 - \mu\,\mathrm{tg}\,\beta)$ en kromme *3* dat van $\mathrm{cotg}\beta$, voor $\alpha = 2°$ en $\mu = 0{,}4$. Beneden kromme *1* ligt het gebied waarin de deeltjes de beweging van de baan volgen (en dus niet getransporteerd worden), en boven kromme *1* begint het gebied waarin ze periodiek opwaarts glijden. Kromme *2* scheidt het gebied van periodiek opwaarts glijden van het gebied van afwisselend op- en neerwaarts glijden. Bij kromme *3* begint het gebied waarin de deeltjes periodiek van de baan los komen. Voor goede werking van de trilvuller moet $\beta$ liggen tussen de abscissen van de snijpunten $P$ en $Q$.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



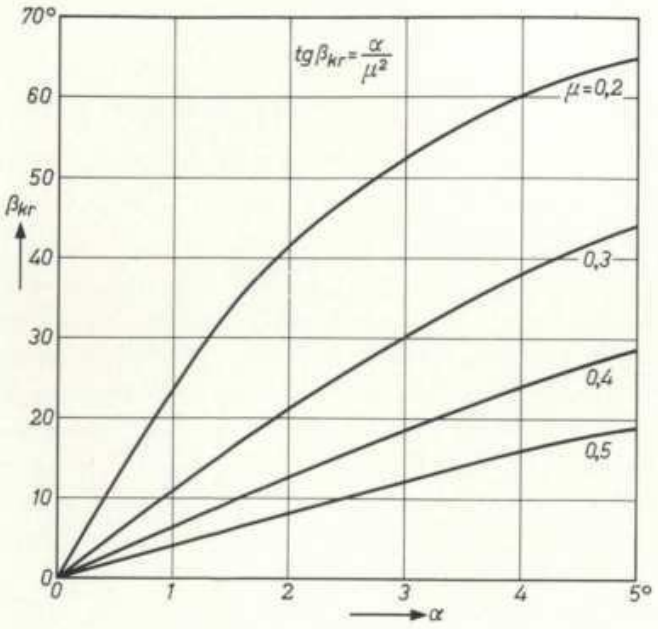



Fig. 4. De kritieke waarde $\beta_{kr}$ van de trillingshoek ($tg\,\beta_{kr} = \alpha/\mu^2$) als functie van de hellingshoek $\alpha$, voor verschillende waarden van de wrijvingscoëfficiënt $\mu$.

zodat $\beta$ in het gebied links van $P$ in fig. 3 lag, zou het glijden in neerwaartse richting al bij een kleinere amplitude (dus eerder) beginnen dan het glijden in opwaartse richting. Zo'n trilvuller zou niet tot het opvoeren van deeltjes in staat zijn. Het grensgeval, gegeven door het punt $P$ in fig. 3, is bepaald door

$$\frac{\mu + \alpha}{1 + \mu\,tg\beta_{kr}} = \frac{\mu - \alpha}{1 - \mu\,tg\beta_{kr}},$$

waarin $\beta_{kr}$ de kritieke trillingshoek is. Uit de laatste vergelijking volgt:

$$tg\,\beta_{kr} = \frac{\alpha}{\mu^2}. \qquad \ldots\ldots \quad (5)$$

Uit deze voorwaarde blijkt dat voor opwaarts transport langs een trillende hellende baan de trillingshoek $\beta$ groter moet zijn naarmate de baan steiler en/of gladder is.

In *fig. 4* is de kritieke trillingshoek $\beta_{kr}$ gegeven voor verschillende waarden van $\alpha$ en $\mu$.

Gebleken is dat in de praktijk een trilvuller optimaal werkt als de verticale component van de versnelling een amplitude tussen 2*g* en 2,5*g* heeft, zodat de deeltjes gedurende het grootste deel van de tijd los van de baan zijn. Hoewel dan dus nauwelijks sprake meer zal zijn van glijden van de deeltjes, terwijl de betekenis van de kritieke trilhoek juist is aangetoond aan de hand van glijverschijnselen, blijkt de kritieke trillingshoek ook onder deze omstandigheden wel degelijk van belang te zijn. Om te allen tijde zeker te zijn van opwaarts transport, moet men er dus in ieder geval voor zorhen dat tg $\beta$ groter is dan $\alpha/\mu^2$. Proeven hebben dit bevestigd.

## Resultaten van proeven

### *Verificatie van de theorie door proeven aan een model*

De tot dusver genoemde verschijnselen worden, zoals gezegd, beheerst door de versnelling van de baan. Dit maakt het mogelijk, de frequentie zo laag en tegelijk de trillingsamplitude zo groot te kiezen dat de verschijnselen met het blote oog waar te nemen zijn. Hiertoe is een model gemaakt, waarvan de variabelen $\alpha$, $\beta$, $\mu$ en de frequentie $f = \omega/2\pi$ gemakkelijk konden worden gewijzigd. Dit model, waarvan de baan recht is, vindt men afgebeeld in *fig. 5*.

Uit de metingen aan dit model zijn de gestippelde krommen in *fig. 6* gevonden. Deze geven een redelijke overeenstemming met de theorie te zien (de

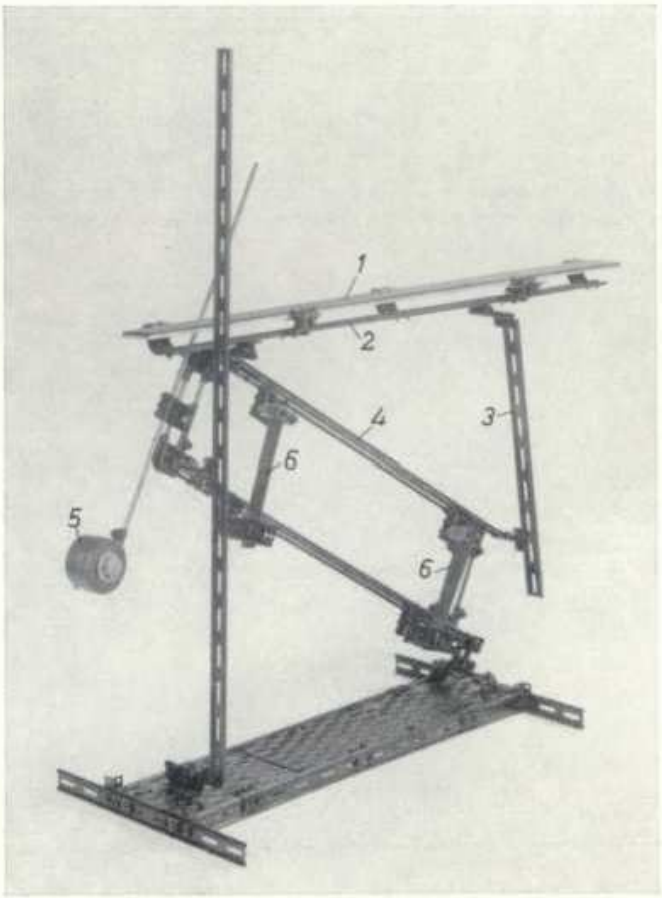



Fig. 5. Model waarmee proeven zijn gedaan. *1* trillende baan (hier recht), één star geheel vormend met de balken *2*, *3* en *4*, en voorzien van een verstelbare massa *5*. De bladveren *6*, aan de onderkant ingeklemd, dragen de baan. Deze wordt met de hand aangestoten en trilt dan in zijn eigen frequentie uit, die regelbaar is door verplaatsen van de massa *5*. Gewerkt wordt met frequenties die zo laag en amplitudes die zo groot zijn dat de verschijnselen met het oog gevolgd kunnen worden. De baan kan voorzien worden van loopvlakken met verschillende ruwheid.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



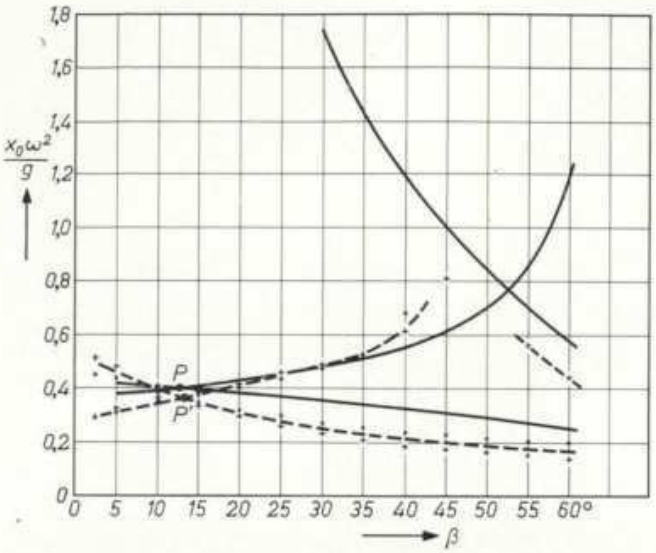



Fig. 6. De drie grenskrommen voor de verschillende bewegingsvormen. Uitgezet is $x_0\omega^2/g$ als functie van de trillingshoek $\beta$, voor $\alpha = 2°$ en $\mu = 0{,}4$. Getrokken zijn de theoretische krommen (gelijk aan die van fig. 3), gestippeld de gemeten krommen. Bevredigend is vooral dat de snijpunten $P$ en $P'$ (met abscis $\beta_{kr} = \text{arc tg}\,(\alpha/\mu^2)$) zeer dicht bij elkaar liggen.

getrokken krommen in dezelfde figuur), vooral wat betreft de ligging van het snijpunt $P'$ ten opzichte van $P$, met de abscis $\beta_{kr} = \text{arc tg}\,(\alpha/\mu^2)$.

Bij de proeven is gebleken dat de statische wrijvingscoëfficiënt $\mu$ voor een grote verscheidenheid van in aanmerking komende onderdelen en loopvlakken steeds een waarde tussen 0,35 en 0,45 had. De spreiding bij een en dezelfde combinatie van materialen bleek vaak groter te zijn dan het verschil tussen verschillende combinaties.

*Meting van de transportsnelheid van een trilvuller*

Zoals in de inleiding al is gezegd, is het belangrijkste gegeven van een trilvuller de maximale snelheid waarmee hij de onderdelen kan opvoeren. Nu uit de bovenstaande theorie bekend is, onder welke omstandigheden elk van de verschillende bewegingsvormen zich voordoet, is het in principe mogelijk, de snelheid van het transport te vinden door te berekenen, over welke afstand de onderdelen zich per periode verplaatsen. Deze berekening is echter alleen uitvoerbaar indien men uitgaat van bepaalde onderstellingen, b.v. ten aanzien van de wijze waarop de botsingen tussen de onderdelen en de baan en tussen de onderdelen onderling verlopen. Het is moeilijk, na te gaan in hoeverre dergelijke onderstellingen met de werkelijkheid overeenstemmen. Eenvoudiger is het, de snelheid van de onderdelen bij verschillende waarden van de parameters rechtstreeks te meten.

Daartoe is een serie proeven gedaan met een uit verwisselbare onderdelen bestaande trilvuller, waarvan de parameters gemakkelijk konden worden

Fig. 7. Een trilvuller (links) in een meetopstelling. De trilvuller wordt met regelbare frequentie gedreven door een toongenerator $G$, via een versterker (niet zichtbaar). Door middel van een trillingsopnemer $D$ (type PR 9261) en een amplitudemeetapparaat $M$ (type PR 9250/01) wordt de trilling zichtbaar gemaakt op een oscilloscoop $O$. Op de baan van de trilvuller bevinden zich koolweerstanden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



gewijzigd. Met behulp van een trillingsopnemer werd de trillingsamplitude $x_0$ gemeten en met behulp van een stophorloge de transportsnelheid van de onderdelen. De meetopstelling is afgebeeld in *fig. 7*. Met de trillingsopnemer en toebehoren konden niet alleen de amplitude, maar ook de snelheid en de versnelling van de baan worden bepaald (bij deze opstelling de horizontale component van deze grootheden), en op een oscilloscoop kon het verloop zichtbaar worden gemaakt.

Het bleek hierbij dat de trilling, ondanks de aandrijving door een elektromagneet, nagenoeg zuiver harmonisch was. Met behulp van een tweede trillingsopnemer, loodrecht op de eerste, werd geconstateerd dat de richting van de trilling zuiver loodrecht op de bladveren stond. We hadden dus inderdaad te maken met een rechtlijnige harmonische trilling, zoals bij de theoretische afleiding is ondersteld.

De bladveren bevonden zich op een afstand van 100 mm van de verticale hartlijn van de trommel, een afstand gelijk aan de straal van de trommel, zodat de veerhoek $\gamma$ (fig. 2) gelijk was aan $\alpha + \beta$. De snelheidsproeven zijn gedaan met de volgende waarden van $\gamma$, $\alpha$ en $f$:

$\gamma = 45°$, $35°$, $25°$, $15°$ en $7°$,
$\alpha = 1°$, $1{,}5°$ en $2°$,
$f$ van 50 tot 100 Hz.

De proeven zijn gedaan met de volgende te transporteren onderdelen:
ongelakte koolweerstanden met aansluitdoppen van messing, lang 11 mm, diameter 3,4 mm,
verzilverde contactveertjes van een schakelaar (12 bij 3,5 bij 3 mm) en
koolborstels (9 bij 4 bij 2,5 mm).

Gemeten werd de transportsnelheid met de onderdelen „vrij", d.w.z. zonder opstuwing van onder uit de trommel en zonder belemmering door sorteer- en richtmiddelen. De gemeten snelheid $v$ is in een grafiek uitgezet als functie van de horizontale trillingsamplitude $x_0 \cos\alpha$ ($\approx x_0$), die met de trillingsopnemer was bepaald. Als voorbeeld zijn de resultaten van één dezer proeven weergegeven in *fig. 8a*. Met behulp van de uitkomsten van de proeven aan het model zijn in deze grafiek de waarden van $x_0$ aangegeven waarbij de onderdelen achtereenvolgens periodiek gingen glijden in opwaartse richting (bij $x_0 = A$), afwisselend in opwaartse en in neerwaartse richting (bij $x_0 = B$) en de baan gingen loslaten (bij $x_0 = C$).

In fig. 8*b* is als functie van $x_0$ het snelheidsrendement $\eta_v$ uitgezet. Dit is gedefinieerd als de verhouding van de transportsnelheid $v$ tot de (in

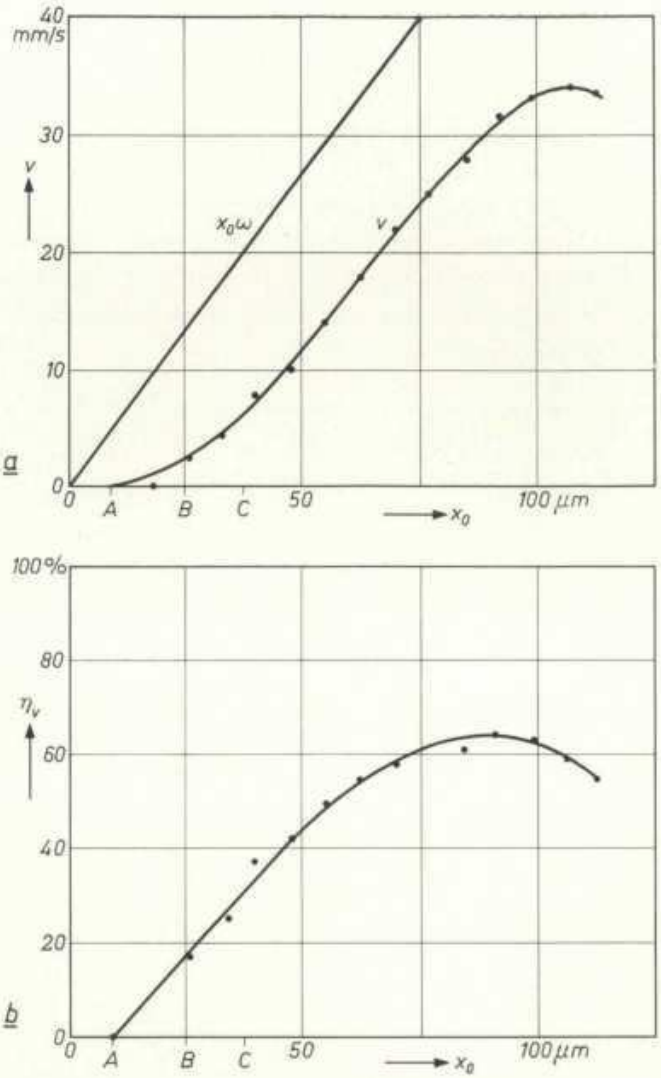



Fig. 8. *a*) Kromme $v$: gemeten waarden van de transportsnelheid $v$ van bepaalde onderdelen op een bepaalde trilvuller, als functie van de amplitude $x_0$ van de baan; $\alpha = 1°27'$, $\beta = 43°33'$, $\alpha + \beta = 45°$, $f = 86$ Hz.
*b*) Voor hetzelfde geval is het snelheidsrendement $\eta_v = v/x_0\omega$ als functie van $x_0$ uitgezet.
Bij de waarden $A$, $B$ en $C$ van $x_0$ beginnen de onderdelen, als $x_0$ toeneemt, resp. opwaarts te glijden, afwisselend op- en neerwaarts te glijden, en los van de baan te komen.

fig. 8*a* mede uitgezette) amplitude $x_0\omega$ der snelheid van de baan in de richting van de baan:

$$\eta_v = \frac{v}{x_0\omega}.$$

Uiteraard kan de transportsnelheid nooit de snelheidsamplitude $x_0\omega$ overschrijden.

*Fig. 9* ten slotte geeft een overzicht van een aantal snelheidsproeven. Ditmaal is de transportsnelheid $v$ uitgezet als functie van de amplitude $x_0\omega^2$ der versnelling van de baan.

Uit de grote serie proeven die we hebben gedaan, kunnen de volgende conclusies worden getrokken:
1) Een trilvuller werkt optimaal als de verticale component van de versnelling een amplitude

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



tussen $2g$ en $2{,}5g$ heeft; zie de door stippen op de krommen van fig. 9 aangegeven waarden. Bij deze waarden van $x_0\omega^2$ wordt telkens — voor de respectieve $\gamma$ — de maximale bruikbare transportsnelheid bereikt. Soms kan een iets grotere amplitude weliswaar een nog wat grotere transportsnelheid opleveren, maar dit gaat dan gepaard met een dusdanig springen van de onderdelen dat van sorteren en richten geen sprake meer kan zijn.

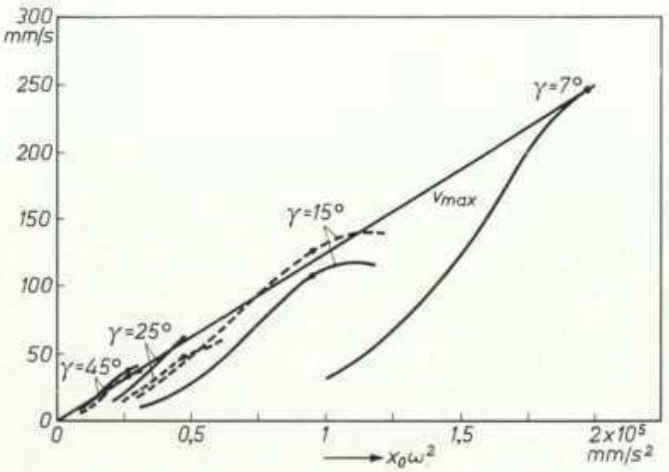



Fig. 9. Overzicht van de resultaten van verschillende snelheidsproeven aan werkelijke trilvullers: $v$ als functie van $x_0\omega^2$, voor $\alpha = 1°27'$ en de bijgeschreven waarden van de veerhoek $\gamma$. Bij elke waarde van $\gamma$ werden één of twee frequenties $f$ gebruikt:

$\gamma = 45°$ . . . $f = 66$ en $86$ Hz,
$\gamma = 25°$ . . . $f = 58$ en $81$ Hz,
$\gamma = 15°$ . . . $f = 86$ en $104$ Hz,
$\gamma = 7°$ . . . $f = 78$ Hz.

De gestippelde krommen hebben betrekking op de laagste van de twee frequenties. De waarden van de maximale bruikbare transportsnelheid, die op elke kromme door een stip zijn aangegeven, blijken bij benadering op een rechte lijn ($v_{max}$) te liggen.

2) Variatie van de frequentie met dien verstande dat de versnellingsamplitude ($x_0\omega^2$) constant wordt gehouden, heeft geen merkbare invloed op de maximale bruikbare transportsnelheid.
3) Variatie van de hellingshoek $\alpha$ tussen de in de praktijk voorkomende waarden van $1°$ tot $3°$ leidt, bij gegeven trillingshoek $\beta$, niet tot verschillen van betekenis in de maximale bruikbare transportsnelheid.
4) Hetzelfde geldt voor verandering van de wrijvingscoëfficiënt $\mu$.
5) De massa van elk der te transporteren onderdelen heeft geen invloed en de vorm, binnen zeer ruime grenzen, evenmin.

De proeven waaruit deze conclusies zijn getrokken, zijn gedaan met de bovengenoemde trilvuller, waarvan de trommel een diameter van 200 mm heeft. De onderdelen hadden een massa van enkele grammen of minder. Er zijn geen redenen om aan te nemen dat de gevonden resultaten niet ook zouden gelden bij andere diameters van de trommel en grotere massa's van de onderdelen. Enkele incidentele waarnemingen aan kleinere en grotere trilvullers (diameter 80 en 500 mm) hebben dit bevestigd.

*De maximale bruikbare snelheid*

Zoals zojuist is gezegd, moet voor optimale werking de amplitude van de verticale component der versnelling een waarde tussen $2g$ en $2{,}5g$ hebben, dus

$$x_0\omega^2 \operatorname{tg}(\alpha + \beta) = (2 \text{ tot } 2{,}5)g \,. \quad . \; . \quad (6)$$

Gebleken is dat bij vervulling van deze voorwaarde tevens het snelheidsrendement zijn maximale waarde $\eta_{v\,max}$ bereikt. De maximale bruikbare transportsnelheid is dan dus:

$$v_{max} = \eta_{v\,max} x_0\omega =$$

$$= \frac{\eta_{v\,max}}{\omega} x_0\omega^2 = \frac{\eta_{v\,max}}{\omega} \times \text{constante} \,. \quad . \quad (7)$$

Als $\eta_v$ voor iedere frequentie van de trilling een zelfde maximale waarde bereikte, zou de maximaal te verwachten transportsnelheid blijkbaar omgekeerd evenredig met de frequentie zijn. Dit laatste is echter niet het geval: het maximale snelheidsrendement blijkt ongeveer evenredig met de frequentie te zijn. Empirisch is namelijk binnen het frequentiegebied van 50 tot 100 Hz gevonden:

$$\eta_{v\,max} = 0{,}785 \frac{f}{100}, \quad . \; . \; . \quad (8)$$

met $f$ in Hz. Bij hogere frequenties geldt dit verband uiteraard niet meer, daar $\eta_v$ niet groter dan 1 kan worden; boven ca. 130 Hz zal de maximale bruikbare transportsnelheid wèl omgekeerd evenredig met de frequentie zijn.

Uit (7) en (8) volgt:

$$v_{max} = 1{,}25 \times 10^{-3} x_0\omega^2 \text{ mm/s}. \quad . \; . \quad (9)$$

In combinatie met (6) volgt hieruit, met $g \approx 10^4$ mm/s$^2$:

$$v_{max} = (25 \text{ tot } 31) \operatorname{cotg}(\alpha + \beta) \text{ mm/s}. \quad . \quad (10)$$

Grote transportsnelheden zijn dus te verkrijgen als $\alpha + \beta$ klein is.

*De belasting van de veren*

Hoewel blijkens het bovenstaande in het gebruikelijke frequentiegebied de frequentie geen invloed op de transportsnelheid heeft, is het goed, zich

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



rekenschap te geven van het verband tussen de frequentie en de belasting van de veren bij optimale werking van de trilvuller.

Voor een aan beide einden ingeklemde bladveer geldt dat de bij doorbuiging opgenomen arbeid per eenheid van volume maximaal mag bedragen:

$$\frac{A}{V} = \frac{\sigma_b^2}{18E}.$$

Hierin is $A$ de door de veer opgenomen arbeid, $V$ het volume van de veer, $\sigma_b$ de maximaal toelaatbare amplitude van de buigwisselspanning in de veer, en $E$ de elasticiteitsmodulus van het materiaal waaruit de veer bestaat. Uit (7) is al gebleken dat de maximale bruikbare transportsnelheid $v_{max}$ evenredig is met de versnellingsamplitude, zodat bij $v_{max}$ de maximale doorbuiging $e$ van de veer omgekeerd evenredig met het kwadraat van de gekozen frequentie $f$ zal zijn:

$$e \sim f^{-2}.$$

De trillende massa en de veren vormen een systeem met een eigen frequentie $f_0$, waarvan het kwadraat evenredig met de stijfheid $C$ van de veren is:

$$C \sim f_0^2.$$

Brengen we de frequenties $f$ en $f_0$ met elkaar in overeenstemming, dan geldt voor de arbeid $A = \frac{1}{2}Ce^2$ die in de doorgebogen veren is opgehoopt:

$$A = \tfrac{1}{2}Ce^2 \sim f^2 f^{-4} = f^{-2}.$$

Een hogere frequentie betekent dus dat men bij dezelfde buigwisselspanning kan volstaan met veren van kleiner volume, of bij hetzelfde volume kleinere buigspanningen in de veren verkrijgt.

*Invloed van de hellingshoek en de wrijvingscoëfficiënt*

Hoewel de hellingshoek $\alpha$ en de wrijvingscoëfficiënt $\mu$ geen directe invloed op de maximale bruikbare transportsnelheid hebben, zijn ze indirect toch wel van belang voor zover ze de kritieke trillingshoek $\beta_{kr}$ bepalen. Immers, volgens (5) is $\operatorname{tg} \beta_{kr} = \alpha/\mu^2$. Een kleine waarde van $\alpha$ of een grote van $\mu$ maken een kleine waarde van $\beta$, dus ook van $\alpha + \beta$, mogelijk, en daarmee een grote maximale bruikbare transportsnelheid (zie verg. 10). Overigens blijkt het in de praktijk moeilijk te zijn, $\mu$ in belangrijke mate te variëren; zoals boven al is vermeld, hebben we voor $\mu$ in zeer uiteenlopende gevallen steeds waarden tussen 0,35 en 0,45 gevonden.

De resultaten van de verschillende proeven maken het nu mogelijk, het gedrag van de afzonderlijke onderdelen bij de optimale instelling nader te bepalen. Wij verwijzen daarvoor naar het *Aanhangsel II*.

**Nomogram voor het berekenen van trilvullers**

Wij noemen hier nogmaals de voorwaarden waaraan een goed werkende trilvuller moet voldoen:

Opwaarts transport is gewaarborgd indien

$$\operatorname{tg} \beta \geqq \frac{\alpha}{\mu^2}. \qquad \ldots\ldots \quad (5)$$

De maximale bruikbare transportsnelheid wordt bereikt als de verticale component van de versnellingsamplitude voldoet aan:

$$x_0\omega^2 \operatorname{tg}(\alpha + \beta) = (2 \text{ tot } 2{,}5)g. \qquad \ldots \quad (6)$$

Deze snelheid bedraag dan:

$$v_{max} = 1{,}25 \times 10^{-3} x_0\omega^2 = 0{,}05 x_0 f^2 \text{ mm/s} \quad . \quad (9)$$

Met behulp van deze betrekkingen is een nomogram samengesteld (*fig. 10*), waarmee op eenvoudige wijze een trilvuller te berekenen is.

Straalsgewijs zijn vanuit de oorsprong rechte lijnen getrokken die met de horizontale as $I$-$I'$ hoeken $\alpha + \beta$ insluiten. Langs de as $I$-$I'$ is de grootheid $x_0 f^2 (= x_0\omega^2/4\pi^2)$ uitgezet. Deze is een maat voor de amplitude der versnelling langs de baan. Gezien de kleine waarde van $\alpha$, mag deze amplitude worden gelijkgesteld aan de amplitude van de horizontale versnellingscomponent. Langs de verticale as zou dus op dezelfde schaal (in de figuur niet aangebracht) voor verschillende hoeken $\alpha + \beta$ de bijbehorende waarde van de amplitude van de verticale versnellingscomponent zijn af te lezen. De lijnen $II$-$II'$ en $III$-$III'$ corresponderen met een verticale versnelling van $2g$ resp. $2{,}5g$, en begrenzen dus het gebied waarin de trilvuller optimaal werkt. De lijn $III$-$IV'$ ten slotte brengt de vergelijking $v_{max} = 0{,}05 x_0 f^2$ in beeld.

De maximale bruikbare transportsnelheid die bij een bepaalde hoek $\alpha + \beta$ (ongeacht $\alpha$, $\mu$ en $f$) zal worden verkregen, is te vinden door het stuk $C'C$ dat de lijnen $II$-$II'$ en $III$-$III'$ afsnijden van de door de oorsprong onder de gekozen hoek $\alpha + \beta$ getrokken lijn $IC$, verticaal te projecteren op de lijn $III$-$IV'$. Dit levert de punten $D'$ en $D$. De ordinaten van $D'$ en $D$ zijn links in mm/s af

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



te lezen en geven de grenzen waarbinnen $v_{max}$ zal liggen. De marge tussen deze grenzen is een gevolg van de marge tussen $2g$ en $2{,}5g$; op deze wijze wordt rekening gehouden met de bij de proeven gevonden spreiding en met de benaderingen die bij het interpreteren van de resultaten zijn ingevoerd, zonder het nomogram te gecompliceerd of te onnauwkeurig te maken.

Nu moet nog rekening worden gehouden met de kritieke trillingshoek. Het verband $\mathrm{tg}\beta_{kr} = \mathrm{tg}\,\gamma = \frac{R_b}{R_v}\,\mathrm{tg}\,(\alpha+\beta)$.

Uit het nomogram kan ook worden afgelezen hoe ver de veren doorbuigen bij een bepaalde veerhoek $\gamma$. De doorbuigingsamplitude (in mm) is namelijk gelijk aan de lengte $IC$, gemeten op schaal van $x_0 f^2$ en gedeeld door $f^2$. Uiteraard is dit alleen de doorbuiging van het uiteinde van de veer aan de zijde van de trommel. Om de totale doorbuiging

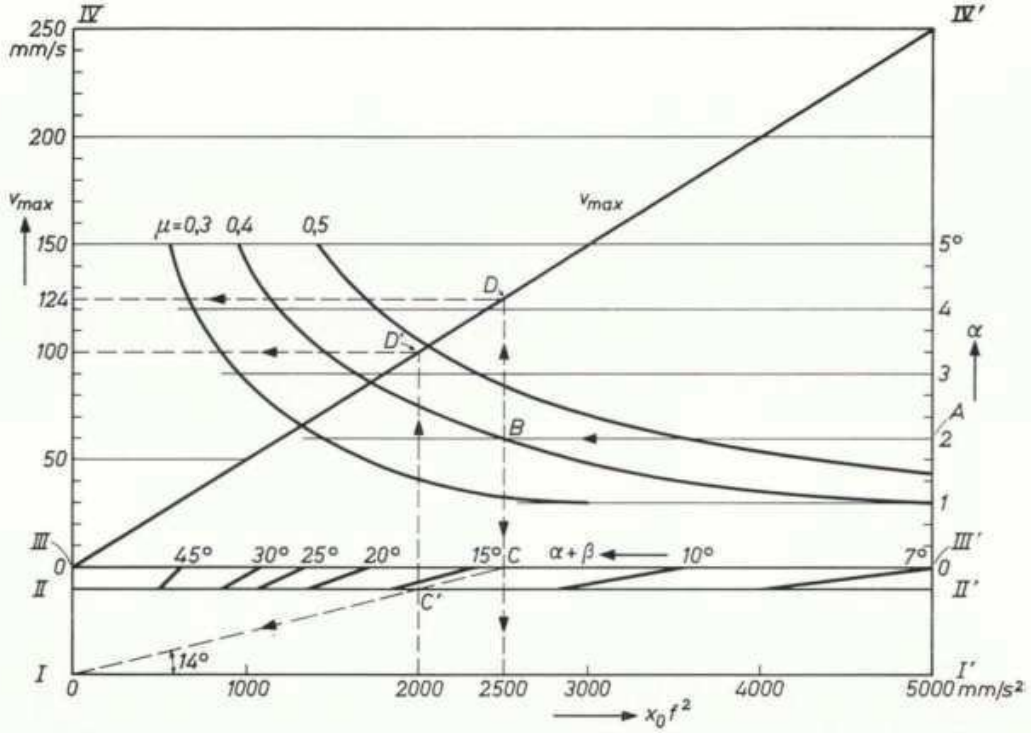



Fig. 10. Nomogram voor het berekenen van trilvullers. Voor de verklaring, zie de tekst.

$\alpha/\mu^2$ ligt ten grondslag aan de drie krommen in fig. 10, voor $\mu = 0{,}3$, 0,4 en 0,5. Als functie van de waarden $\alpha + \beta$ op de abscis *III-III'* zijn hier nl. uitgezet de $\alpha$-waarden (zie schaal rechts) die volgen uit

$$\alpha+\beta=\mathrm{arc\ tg}\,\frac{\alpha(1+\mu^2)}{\mu^2-\alpha^2}\,.$$

(Met de vereenvoudiging $\mathrm{tg}\,\alpha \approx \alpha$ — d.w.z. kleine $\alpha$ — volgt dit direct uit $\mathrm{tg}\,\beta = \alpha/\mu^2$.) De minimale vereiste hoek $\alpha + \beta$ is nu af te lezen op de horizontale as *III-III'*, loodrecht onder het snijpunt van de kromme voor de desbetreffende waarde van $\mu$ met de horizontale lijn die $\alpha$ aangeeft. Indien de afstand $R_v$ van de veren tot de hartlijn gelijk is aan de straal $R_b$ van de baan (zoals vaak het geval is), is de afgelezen hoek tevens de minimale vereiste veerhoek $\gamma$; in het algemeen echter is

te krijgen, moet men er nog bij optellen de doorbuiging aan het andere uiteinde van de veer, aan de zijde van het tegenwicht.

Het nomogram biedt zo de mogelijkheid tot het berekenen van de maximale buigspanning in de veren. Deze spanning $\sigma_b$ bedraagt namelijk:

$$\sigma_b = \frac{3Ehe}{l^2}\,,$$

als $h$ de dikte, $l$ de lengte en $e$ de totale doorbuiging van de veer is.

Ter toelichting volgt hier nog een rekenvoorbeeld.

*Rekenvoorbeeld*

Uit constructieve overwegingen (diameter van de trommel en spoed van de baan, bepaald o.a. door de afmetingen van de te transporteren onderdelen) volgt b.v.: $\alpha \geqq 2°$.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Stel $\mu = 0{,}4$ (eventueel kan $\mu$ gemeten worden, door de tangens van de hellingshoek te bepalen waarbij een onderdeel op de stilstaande baan juist begint te glijden).

De minimale vereiste veerhoek bij de kleinste nog bruikbare hellingshoek ($\alpha = 2°$) vindt men als volgt. Trek door het punt $A$ voor $\alpha = 2°$ (fig. 10) een horizontale lijn. Deze snijdt de kromme voor $\mu = 0{,}4$ in $B$. Laat uit $B$ de loodlijn $BC$ neer op de horizontale as $III$-$III'$ en verbind $C$ met $I$. De hoek die $IC$ maakt met de as $I$-$I'$, is de minimale vereiste hoek $\alpha + \beta$, hier 14°. De kritieke trillingshoek is dus $14° - 2° = 12°$.

Afhankelijk van de gewenste transportsnelheid kiest men de hoek $\alpha + \beta$ gelijk aan of groter dan 14°. Voor $\alpha + \beta = 14°$ ligt de te verwachten transportsnelheid, zoals men via $D'$ en $D$ afleest op de verticale as $III$-$IV$, tussen 100 en 124 mm/s.

Als deze snelheid te klein is, moet men de kritieke trillingshoek verkleinen, dus volgens (5) $\alpha$ verkleinen en/of $\mu$ vergroten (dit laatste is echter moeilijk te verwezenlijken). Bij $\alpha = 1°$ mag $\alpha + \beta$ al verkleind worden tot 7°, waarmee $v_{max}$ komt te liggen tussen 204 en 250 mm/s. Bij het verkleinen van $\alpha$ zou echter de spoed van de baan kleiner kunnen worden dan de onderste grens die de afmetingen van de onderdelen aan de spoed stellen. Om dit te voorkomen, kan men de diameter van de trommel vergroten.

In het geval van $R_v = R_b$ en $\alpha + \beta = 14°$ correspondeert de lengte $IC$ met een versnelling van $2500/\cos 14° = 2527$ mm/s². De trillingsamplitude van het uiteinde van de veer bij de trommel en loodrecht op het vlak van de veer is dan

bij $f = 100$ Hz . . . . 0,26 mm
en bij $f = 50$ Hz . . . . 1,03 mm.

Heeft het tegenwicht b.v. dezelfde massa en hetzelfde massatraagheidsmoment als de trommel, dan is de totale doorbuiging van de veren dubbel zo groot.

---

**Aanhangsel I: Afleiding van de voorwaarden voor de verschillende vormen van beweging van de deeltjes in een trilvuller**

We beschouwen een deeltje met massa $m$ dat zich bevindt op een hellende baan (hellingshoek $\alpha$) die een harmonische trilling met de frequentie $f = \omega/2\pi$ uitvoert onder de hoek $\beta$ met het vlak van de baan.

De trilling kan ontbonden worden in een component $x = x_0 \sin\omega t$ langs de baan en een component $y = y_0 \sin\omega t$ loodrecht op de baan (fig. 2). Zolang het deeltje de beweging van de baan volgt, gelden voor het deeltje deze bewegingsvergelijkingen:

langs de baan . . . $F_f - mg\sin\alpha = m\ddot{x} = -mx_0\omega^2 \sin\omega t$,
loodrecht op de baan $F_n - mg\cos\alpha = m\ddot{y} = -my_0\omega^2 \sin\omega t$.

Hierin stelt $F_f$ de wrijvingskracht en $F_n$ de normaalkracht voor die de baan op het deeltje uitoefent; $mg\sin\alpha$ en $mg\cos\alpha$ zijn de componenten van de zwaartekracht langs resp. loodrecht op de baan.

Zolang $|F_f| < \mu F_n$, volgt het deeltje inderdaad de beweging van de baan. Om te kunnen vaststellen of aan deze voorwaarde is voldaan, hebben we in *fig. 11a* de grootheden

$$\left.\begin{aligned} |F_f| &= |mg\sin\alpha - mx_0\omega^2\sin\omega t| \\ \text{en} \quad \mu F_n &= \mu mg\cos\alpha - \mu my_0\omega^2\sin\omega t \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (11)$$

uitgezet als functie van de trillingsfaze $\omega t$. In fig. 11*b* zijn bovendien het verloop van de uitwijking $x$, de snelheid $\dot{x}$ en de versnelling $\ddot{x}$ van de baan in de $x$-richting weergegeven. Kennelijk is bij de hier gekozen waarden van de parameters voordurend aan de voorwaarde $|F_f| < \mu F_n$ voldaan; het deeltje volgt dus de beweging van de baan.

Wanneer echter $|F_f|$ gelijk wordt aan $\mu F_n$ — b.v. doordat men de amplitude vergroot —, dan zal het deeltje gaan glijden. Het hangt dan af van de faze waarbij dit gebeurt, of het gaat glijden in opwaartse dan wel in neerwaartse richting. En wanneer $F_n$ nul wordt, komt het deeltje van de baan los.

In *fig. 12a-d* is het verloop van $|F_f|$ en $\mu F_n$ weergegeven voor telkens grotere amplitude. Fig. 12*a* komt overeen met fig. 11*a* en is alleen volledigheidshalve opgenomen. In fig. 12*b* is bij $\omega t = \frac{1}{2}\pi$ aan de voorwaarde $|F_f| = \mu F_n$ voldaan (punt $A$). Op dit ogenblik bereikt de trillende baan zijn hoogste stand en het deeltje zal dus periodiek opwaarts gaan glijden. Indien bij $\omega t = \frac{3}{2}\pi$, in de neergaande slag, $|F_f|$ gelijk aan $\mu F_n$ wordt (punt $B$ in fig. 12*c*), zal het deeltje afwisselend opwaarts en neerwaarts gaan glijden. Bij nog verder toenemende amplitude zal ten slotte bij $\omega t = \frac{1}{2}\pi$ ook nog aan de voorwaarde $\mu F_n = 0$ zijn voldaan (punt $C$ in fig. 12*d*); van dat ogenblik af zal het deeltje één maal per periode even van de baan los komen.

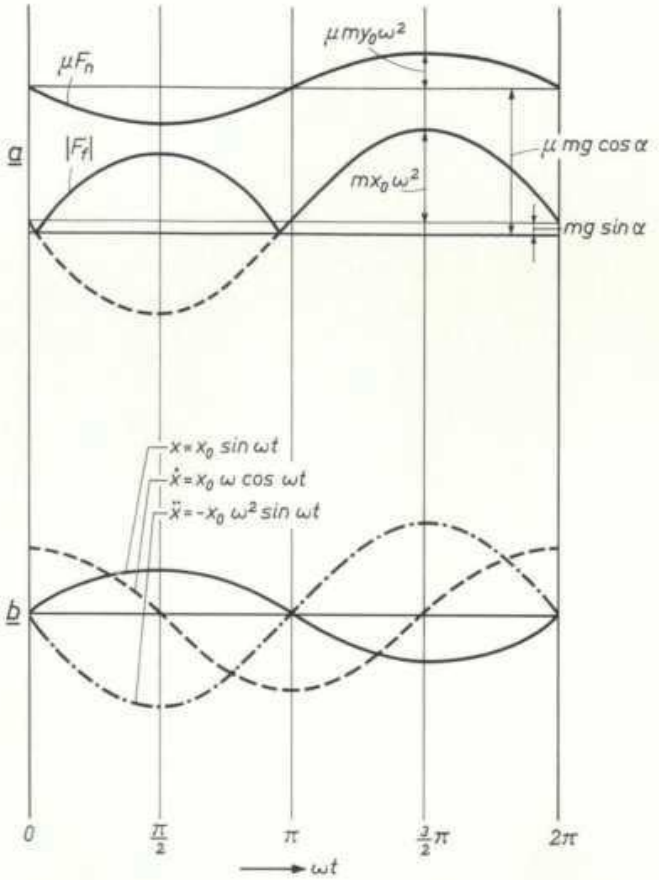



Fig. 11. Verloop met $\omega t$ van (*a*) krachten en (*b*) verplaatsing $x$, snelheid $\dot{x}$ en versnelling $\ddot{x}$ in $x$-richting bij een trilvuller met $\alpha = 3°$, $\beta = 35°$, $f = 100$ Hz, $\mu = 0{,}45$, $x_0 = 7{,}6$ μm. In (*a*) is $|F_f|$ de absolute waarde van de wrijvingskracht en $F_n$ de normaalkracht die op het deeltje werken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



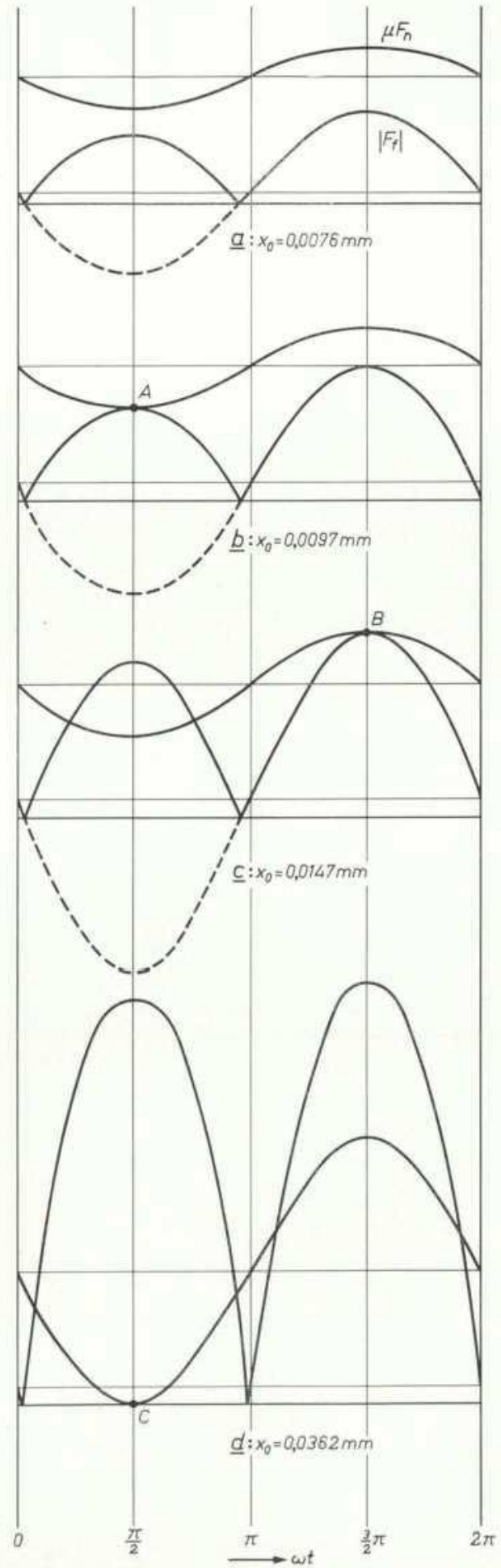



Fig. 12. De krachten $|F_f|$ en $\mu F_n$ als functie van $\omega t$, bij van ($a$) naar ($d$) toenemende amplitude $x_0$.
*Geval* ($a$) (identiek met dat van fig. 11$a$): $x_0 = 7{,}6$ µm. De kracht $|F_f|$ is voortdurend kleiner dan $\mu F_n$, het deeltje volgt de beweging van de baan.
*Geval* ($b$): $x_0 = 9{,}7$ µm. In punt $A$, bij $\omega t = \frac{1}{2}\pi$, wordt $|F_f| = \mu F_n$. Het deeltje begint opwaarts te glijden.
*Geval* ($c$): $x_0 = 14{,}7$ µm. In punt $B$, bij $\omega t = \frac{3}{2}\pi$, wordt $|F_f| = \mu F_n$. Het deeltje gaat afwisselend op- en neerwaarts glijden.
*Geval* ($d$): $x_0 = 36{,}2$ µm. In punt $C$, bij $\omega t = \frac{1}{2}\pi$, wordt $F_f = 0$. Eén maal per periode komt het deeltje even los van de baan.

Aangezien de in fig. 12 getekende krommen niets anders zijn dan de in beeld gebrachte bewegingsvergelijkingen van een deeltje dat de beweging van de baan volgt, geven ze geen uitsluitsel omtrent de beweging van een deeltje dat glijdt of dat los van de baan is. Met andere woorden: voorbij het punt $A$, $B$ of $C$ verliezen de krommen hun betekenis. Wèl kan men uit de figuren zien, in welke volgorde bij toenemende amplitude de gevallen $A$, $B$ en $C$ zich zullen voordoen. Ook is het duidelijk dat, als het glijden in opwaartse richting reeds bij een kleinere amplitude begint dan het glijden in neerwaartse richting, dit opwaarts glijden steeds een grotere beginsnelheid zal hebben dan het neerwaarts glijden; bovendien is, onder de genoemde conditie, de wrijvingskracht die het glijden afremt, tijdens het opwaarts glijden juist geringer dan tijdens het neerwaarts glijden. In alle opzichten overheerst dus het opwaarts glijden.

Verder blijkt dat op het ontstaan van de verschijnselen glijden en loskomen de *massa* van het deeltje geen invloed heeft: de vergelijkingen (11) kunnen immers door $m$ gedeeld worden zonder dat dit de betrekking tussen $F_f$ en $\mu F_n$ beïnvloedt. Dit hangt hiermee samen dat het geheel een spel van krachten is; niet de trillingsamplitude $x_0$, maar de versnellingsamplitude $x_0\omega^2$ is de grootheid waar het op aankomt.

De volgorde waarin de verschijnselen glijden in opwaartse en neerwaartse richting en loskomen van de baan zich voordoen, wordt beheerst door de parameters $\alpha$, $\beta$ en $\mu$. De kleinste versnellingsamplitude $x_0\omega^2$ waarbij één maal per periode, tijdens de opgaande slag van de trilling, juist aan de voorwaarde $|F_f| = \mu F_n$ is voldaan (punt $A$ in fig. 12$b$), volgt uit:

$$\mu mg \cos\alpha - \mu m y_0 \omega^2 = m x_0 \omega^2 - mg \sin\alpha.$$

Met $y_0 = x_0 \operatorname{tg}\beta$ en voor kleine waarden van $\alpha$ ($\sin\alpha \approx \alpha$ en $\cos\alpha \approx 1$) gaat dit over in:

$$\frac{x_0\omega^2}{g} = \frac{\mu\cos\alpha + \sin\alpha}{1 + \mu \operatorname{tg}\beta} \approx \frac{\mu + \alpha}{1 + \mu \operatorname{tg}\beta}.$$

Het deeltje gaat dus periodiek glijden als

$$\frac{x_0\omega^2}{g} \geqq \frac{\mu + \alpha}{1 + \mu \operatorname{tg}\beta}.$$

Op soortgelijke wijze kan worden afgeleid dat voor het grensgeval van punt $B$ in fig. 12$c$ geldt:

$$\frac{x_0\omega^2}{g} = \frac{\mu - \alpha}{1 - \mu \operatorname{tg}\beta},$$

waaruit volgt dat het deeltje periodiek neerwaarts zal glijden als

$$\frac{x_0\omega^2}{g} \geqq \frac{\mu - \alpha}{1 - \mu \operatorname{tg}\beta}.$$

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



De kleinste waarde van $x_0\omega^2$ waarbij $F_n$ één maal per periode juist nul wordt (punt $C$ in fig. 12$d$), volgt uit:

$$\mu mg\cos\alpha - \mu m y_0\omega^2 = 0$$

of

$$x_0\omega^2 = \frac{\cos\alpha}{\operatorname{tg}\beta} \geqq \operatorname{cotg}\beta\,.$$

Hiermee is afgeleid, onder welke voorwaarden de verschillende bewegingsvormen zich voordoen.

---

**Aanhangsel II: Gedrag van een afzonderlijk deeltje op een optimaal ingestelde trillende baan**

De op blz. 93-94 beschreven resultaten van de proeven laten een nadere beschouwing toe van het gedrag van een afzonderlijk deeltje op een trillende baan die optimaal is ingesteld. De per periode afgelegde weg bedraagt:

$$\eta_v x_0\omega f^{-1} = 2\pi\eta_v x_0.$$

In de praktijk ligt $\eta_v$ tussen 40 en 80%, dus per periode wordt langs de baan een afstand gelijk aan ca. 2,5 tot 5 maal de trillingsamplitude $x_0$ afgelegd.

Wat er inmiddels gebeurt in de $y$-richting, loodrecht op de baan, is geïdealiseerd weergegeven in *fig. 13*. De verticale versnellingscomponent — wegens de geringe waarde van $\alpha$ praktisch gelijk aan de versnelling in de $y$-richting — heeft een amplitude van b.v. 2,5$g$. De faze $\omega t_1$ waarbij het deeltje los van de baan komt, volgt uit de overweging dat de verticale versnelling van het deeltje op dat moment, $-2{,}5g\sin\omega t_1$, gelijk is aan $-g$, zodat $\sin\omega t_1 = 1/2{,}5 = 0{,}4$ en $\omega t_1 = 23{,}6°$. Op dit ogenblik bedraagt de uitwijking van de baan in de $y$-richting $0{,}4y_0$ en de snelheid in die richting $y_0\omega\cos\omega t_1 = 0{,}916y_0\omega$. Deze waarden zijn tevens de beginvoorwaarden voor de nu volgende vrije beweging van het deeltje in de $y$-richting. De vergelijking van deze beweging, ten opzichte van de neutrale stand van de baan, luidt als volgt:

$$y_d = y_0\sin\omega t_1 + (y_0\cos\omega t_1)(\omega t - \omega t_1) - \frac{g}{2\omega^2}(\omega t - \omega t_1)^2.$$

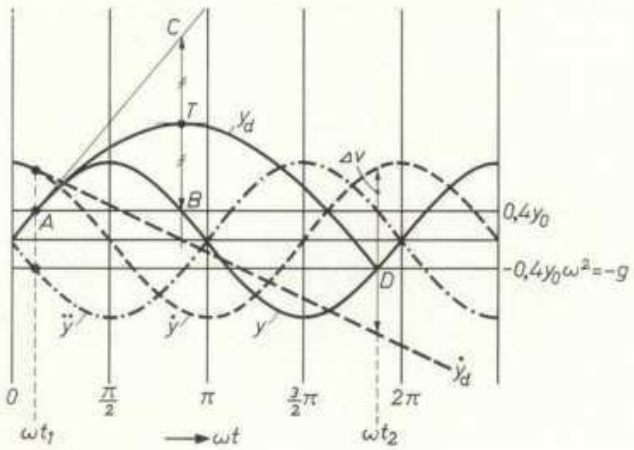



Fig. 13. Analyse van de wijze waarop een afzonderlijk deeltje op een trillende baan zich beweegt in de $y$-richting, met de onderstelling dat $y_0\omega^2 = 2{,}5g$. Uitgezet zijn de verplaatsing $y$, snelheid $\dot{y}$ en versnelling $\ddot{y}$ van de baan. Bij $\omega t_1$ komt het deeltje los van de baan en gaat het een parabool $ATD$ beschrijven; $\dot{y}_d$ geeft het verloop van de verticale snelheidscomponent van het deeltje weer. Bij $\omega t_2$ (punt $D$) belandt het deeltje weer op de baan; de gevolgen van de botsing (snelheidsverschil $\Delta v$) blijven buiten beschouwing.

Het ogenblik $t_2$ waarop het deeltje, na een gedeelte van een parabool te hebben beschreven, de baan weer treft, volgt derhalve uit:

$$y_0\sin\omega t_2 = y_0\sin\omega t_1 + (y_0\cos\omega t_1)(\omega t_2 - \omega t_1) - \frac{g}{2\omega^2}(\omega t_2 - \omega t_1)^2,$$

of, daar $y_0\omega^2 = 2{,}5g$:

$$\sin\omega t_2 = \sin\omega t_1 + (\cos\omega t_1)(\omega t_2 - \omega t_1) - \tfrac{1}{5}(\omega t_2 - \omega t_1)^2. \quad (12)$$

Deze vergelijking geeft het verband tussen $\omega t_2$ en $\omega t_1$. Ook zonder dat we $\omega t_2$ eruit oplossen, zal het duidelijk zijn dat $\omega t_2$ onafhankelijk van de frequentie is; in de vergelijking komen immers uitsluitend fazehoeken voor.

De parabool die het deeltje doorloopt, is gemakkelijk te construeren. De parabool begint in het punt $A$ (fig. 13) van de sinuslijn $y$ bij $\omega t_1$ (waar $\ddot{y} = -g$) en heeft aldaar met de sinuslijn een gemeenschappelijke raaklijn $AC$. Daaruit volgt het verdere verloop. De top $T$ van de parabool ligt halverwege $B$ en $C$, en loodrecht boven het punt waar de verticale snelheid $y_d$ van het deeltje nul wordt. De rechterhelft van de parabool ontmoet de sinuslijn $y$ weer in het punt $D$, dat dus het punt is waar het deeltje weer op de baan terechtkomt. Het zal duidelijk zijn dat de abscis $\omega t_2$ van $D$ niet veel van $2\pi$ kan verschillen.

Deze abscis is bij benadering te berekenen door $\sin\omega t_2$ te ontwikkelen in een reeks en daarvan alle termen behalve de eerste te verwaarlozen. Daarmee gaat (12) over in een vierkantsvergelijking in $\omega t_2$. Slechts één van de beide wortels komt hier in aanmerking; deze wortel is: $\omega t_2 = 331{,}3°$ (tot op ca. 1° nauwkeurig). Zoals boven al is geconcludeerd, is $\omega t_2$ onafhankelijk van de frequentie.

We moeten hier opmerken dat de parabool slechts aan een geïdealiseerde voorstelling van zaken beantwoordt. Het feit dat in $D$ het deeltje en de baan met elkaar in botsing komen (met een verschilsnelheid $\Delta v$, zie fig. 13), is immers geheel buiten beschouwing gelaten. De verschilsnelheid $\Delta v$ is evenredig met de snelheidsamplitude $y_0\omega$ van de baan. Aangezien $y_0\omega$ bij een optimaal ingestelde trilvuller omgekeerd evenredig met de frequentie is, ligt hierin een belangrijke oorzaak van het afnemen van het snelheidsrendement $\eta_{v\max}$ bij dalende frequentie.

Intussen moge uit deze beschouwing duidelijk zijn geworden dat de trilvuller optimaal werkt als het deeltje in principe geneigd is, slechts één maal per periode de baan maar even te raken, en wel wanneer deze juist zijn grootste snelheid in opwaartse richting heeft.

---

**Samenvatting.** Voor het geordend toevoeren van kleine onderdelen bij fabricageprocessen maakt men veelal gebruik van trilvullers. Hierin worden de onderdelen getransporteerd door middel van een trillende hellende baan. Deeltjes die zich op zulk een baan bevinden, kunnen zich op de volgende manieren gedragen: de deeltjes bewegen niet ten opzichte van de baan (er is dan geen transport), ze glijden periodiek opwaarts of neerwaarts of afwisselend op- en neerwaarts, of ze komen periodiek even van de baan los. In het eerste, theoretische gedeelte van het artikel wordt nagegaan, van welke parameters het afhangt, welk van deze gevallen zich zal voordoen, met name onder welke omstandigheden opwaarts of neerwaarts transport verwacht moet worden. Vervolgens worden de uitkomsten van proeven aan een model beschreven. Deze stemmen bevredigend met de theorie overeen. Deze theorie, aangevuld met systematische snelheidsproeven aan werkelijke trilvullers, levert de basis voor een nomogram voor het berekenen van trilvullers. Dit nomogram wordt met een rekenvoorbeeld toegelicht. Daarbij wordt ook aandacht besteed aan de belasting van de veren van de trilvuller.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



# OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLIKATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publikaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven, op aanvraag overdrukken.

**3015:** C. Haas en M. M. G. Corbey: Measurement and analysis of the infrared reflection spectrum of semiconducting SnS (Phys. Chem. Solids **20**, 197-203, 1961, no. 3/4).

Een bundel monochromatisch licht die op een gepolijst oppervlak valt, wordt in het algemeen voor het grootste gedeelte gereflecteerd. Wanneer echter de energie van de lichtquanta overeenkomt met een mogelijke energie-overgang in de reflecterende stof, kunnen quanta worden geabsorbeerd, wat zich uit in het afnemen van de reflexiecoëfficiënt. Gemeten is de reflexiecoëfficiënt van SnS van het type *P*, als functie van de golflengte tussen 2 en 25 $\mu$m (infrarood). De absorptie die in dit gebied optreedt, is toe te schrijven aan wisselwerking van de quanta met roostertrillingen en vrije ladingdragers, i.c. gaten. Uit de meetresultaten zijn de brekingsindex ($n_0 = 3{,}6 \pm 0{,}1$), de relatieve diëlektrische constante ($\varepsilon_r = 18{,}5 \pm 2$) en de effectieve lading van het atoom ($e^* = 0{,}7$ maal de lading van een elektron) berekend. Voor de gaten werd gevonden dat, wanneer ze zich bewegen in een richting loodrecht op de *c*-as, hun effectieve massa $m^*_\perp$ gelijk is aan 0,2 maal de massa $m_0$ van een elektron. Voor bewegingen evenwijdig met de *c*-as is de effectieve massa veel groter, nl. $m^*_\parallel \approx m_0$.

**3016:** W. J. Oosterkamp en Th. G. Schut: Image intensification of X-rays in angio-cardiography (Proc. 3rd int. Conf. on medical electronics, Londen, 21-27 juli 1960, blz. 487-489, Instn. Elect. Engrs, 1961.)

Wanneer men chirurgische handelingen wil zichtbaar maken op een beeldscherm, kan men met een kleinere stralingsdosis volstaan indien een röntgenbeeldversterker wordt gebruikt, terwijl door de grotere helderheid het beeld gemakkelijker kan worden gefilmd. De beschreven toepassing waarbij van de genoemde voordelen wordt gebruik gemaakt, betreft de hartcatheterisatie en de röntgenangiocardiografie. De beeldversterker maakt ook het gebruik mogelijk van televisiesystemen en van het geheugenwiel. (Zie ook Philips techn. T. **22**, 1-11, 1960, no. 1.)

**3017:** O. Bosgra en J. H. G. Roerink: Praktijkproef met een levend aviralent pseudo-vogelpest- (stam $B_1$) en infectueuze bronchitis-drinkwatervaccin (T. Diergeneesk. **86**, 1198-1209, 1961, no. 18).

Voordat een vaccin tegen kippeziekten in Nederland mag worden toegepast, moet dit in de praktijk worden getoetst volgens de voorschriften van de Veeartsenijkundige Dienst. De vaccins van Philips-Duphar tegen infectueuze bronchitis en tegen pseudovogelpest, die via het drinkwater kunnen worden toegediend, zijn volgens deze voorschriften beproefd op een groot aantal kuikens. Van de met het bronchitisvaccin ingeënte dieren bleek 97,5% immuun te zijn, terwijl van de ongevaccineerde dieren er 88% na besmetting ziek werd. De overeenkomstige percentages voor het pseudovogelpestvaccin zijn respectievelijk 93 en 95%. De vaccins voldoen hiermee ruimschoots aan de gestelde normen.

**3018:** A. H. Boerdijk: Zero-, first-, and second-order theories of a general thermocouple (J. appl. Phys. **32**, 1584-1589, 1961, no. 8).

Het hier beschouwde thermo-element bestaat uit twee staven van willekeurige vorm. Elk van de eigenschappen van de materialen (de thermische soortelijke weerstand $\varkappa$, de elektrische soortelijke weerstand $\varrho$ en de Seebeck-coëfficiënt *S*) wordt voorgesteld door een eindig aantal termen van een reeksontwikkeling volgens MacLaurin naar *T* (de temperatuur) en *u* (een plaatscoördinaat). Een methode wordt aangegeven voor de afleiding van een theorie van willekeurige orde *t*. Zo'n theorie berust op een oplossing $T = f(u)$ die voldoet aan de fundamentele niet-lineaire differentiaalvergelijking (verkregen door toepassing van de thermodynamica van niet-omkeerbare processen) en aan de randvoorwaarden, mits alle termen van de orde $> t$ verwaarloosd worden. De orde van een term is gelijk aan de som van de orden van alle partiële differentiaalquotiënten van $\varkappa$, $\varrho$ en *S* met betrekking tot *T* en *u*, die in die term voorkomen.

De methode wordt toegepast voor het uitdrukken van het elektrisch uitgangsvermogen en de thermische uitgangsvermogens als functie van de elektrische stroom en de temperaturen van de lassen, in theorieën van de orde nul, een en twee. De theorie van de nulde orde is identiek met de gewone theorie van thermoelementen met constante $\varkappa$, $\varrho$ en *S*. In de eersteordetheorie wordt een uitdrukking afgeleid voor het rendement voor het opwekken van koude. Dit rendement kan verbeterd worden door *S* een geschikte temperatuurafhankelijkheid en een geschikte plaatsafhankelijkheid te geven. Ten slotte wordt de nauwkeurigheid van de benaderingen besproken.

**3019:** W. Hondius Boldingh: Quality and choice of Potter Bucky grids, VI. Exposure data for various grids (Acta radiol. **56**, 202-208, 1961, no. 3).

Als vervolg op de publikaties **2793** en **2990** wordt hier het verband behandeld tussen de belichtingstijd en het contrast van medische röntgenfoto's, en het gebruik van verschillende typen strooistralenroosters.

**3020:** G. Diemer: Field effects on photoconductivity quenching (Physica **27**, 979-981, 1961, no. 10).

In deze „letter to the editor" wordt erop gewezen dat de waarnemingen van Kitamura, Kubo en Yamashita over de gecombineerde invloed van elektrische velden en bestraling met infrarood licht op de fotogevoeligheid van CdS-kristallen kunnen worden verklaard met algemeen aanvaarde mechanismen, toegepast op het model van Klasens en Schön.

**3021:** O. W. Memelink: De werking en eigenschappen van het vastestofthyratron (T. Ned. Radiogenootschap **26**, 119-126, 1961, no. 3).

Een vastestofthyratron (ook wel genoemd: pylistor, bestuurbare siliciumgelijkrichter of *PNPN*-schakelaar) bestaat uit vier lagen silicium, afwisselend van het type *P* en het type *N*. De stroom-spanningskarakteriek ervan lijkt veel op die van normale thyratrons met gasvulling. Het beschreven vastestofthyratron kan in beide richtingen 500 V blokkeren. Na een verklaring van de werking worden enkele toepassingen als elektronische schakelaar vermeld. Zie ook: Philips techn. T. **23**, 255-261, 1961.

**3022:** H. Groendijk: Three interpretations of space-charge waves in electron beams (T. Ned. Radiogenootschap **26**, 51-64, 1961, no. 2).

In vele typen versterkbuizen voor microgolven, zoals b.v. het klystron en de lopendegolfbuis, wordt gebruik gemaakt van een elektronenbundel waarin door het te versterken signaal snelheidsfluctuaties worden opgewekt. Door gebruik te maken van de maxwellvergelijking en van de bewegingsvergelijkingen der elektronen, vindt men dat in de bundel ruimteladingsgolven optreden. Dit artikel laat nu aan het voorbeeld van een klystron zien dat men een inzicht in het ontstaan en het mechanisme van deze golven kan krijgen door een kwalitatieve beschouwing van de bewegingen van de afzonderlijke elektronen en de krachten die zij op elkaar uitoefenen. Het blijkt dat men de bewegingen der elektronen in een klystron op drie verschillende manieren kan beschrijven. Van deze drie interpretaties wordt gebruik gemaakt om respectievelijk de vermogensversterking van een klystron te verklaren, uiteen te zetten hoe de optredende ruis kan worden verminderd, en aan te tonen dat dit soort beschouwingen ook van toepassing is op buizen met elektronenbundels waarin het signaal op andere wijze dan door snelheidsfluctuaties wordt overgebracht en versterkt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!